



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Carrera de Ingeniería Industrial

TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Potencialidades para el desarrollo de las fuentes renovables de energía en el municipio de Cienfuegos hasta el 2030.

Autor: Pedro Noel Kimbutu

Tutora: MSc. Ing. Jenny Correa Soto

Ing. Sandra Rodríguez Figueredo

**Cienfuegos
2017**

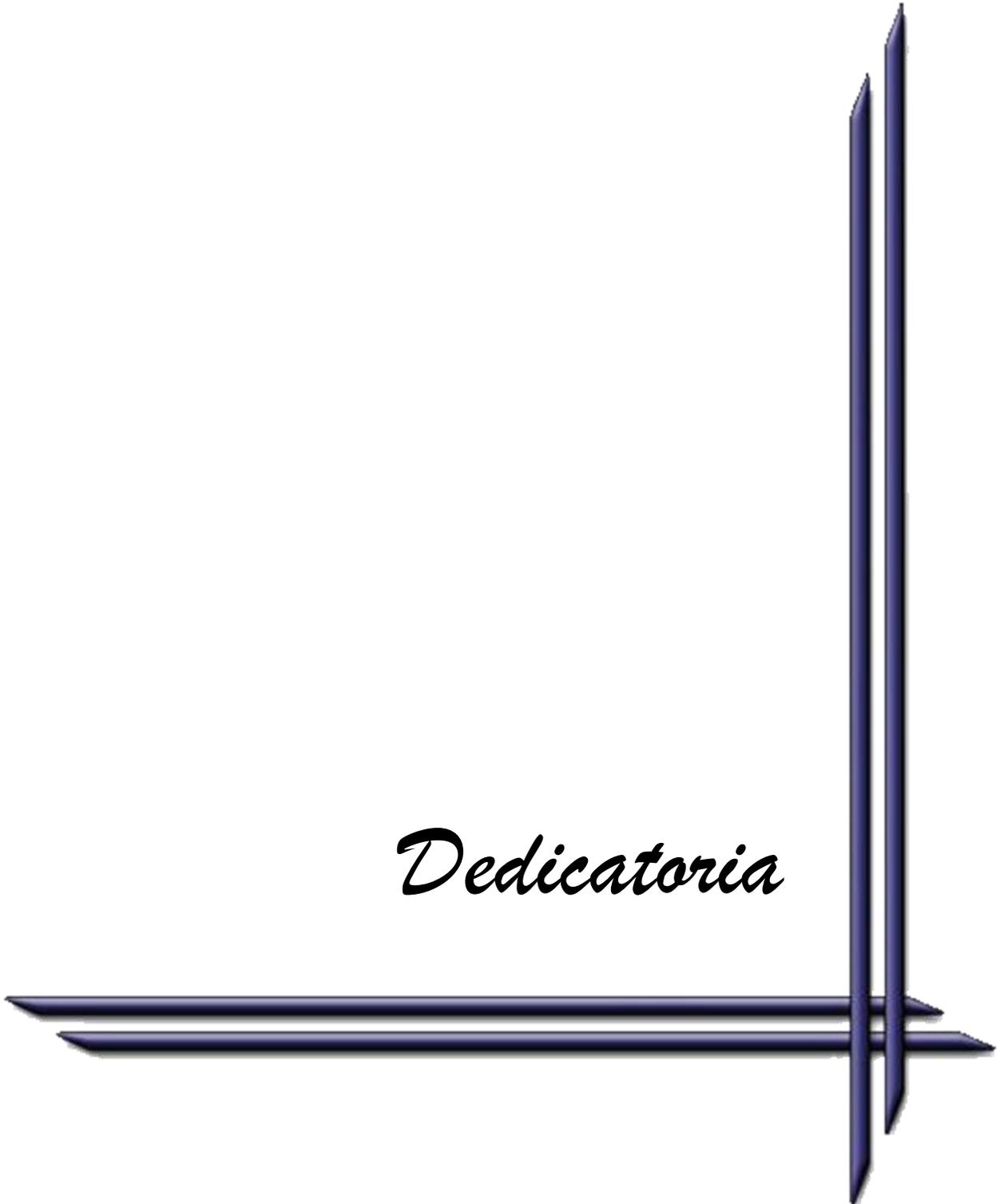
Pensamiento



*Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica:
la voluntad.*

Albert Einstein

Dedicatoria



Dedico:

A mis padres; Kimbutu Fwemo Pedro Y Nambo Jacqueline por seren mi fuerza motriz a mi mamá por el esfuerzo realizado durante toda mi carrera lo que permitió vencer mis expectativas.

También dedicó a mis hermano s: Simone, Flavia , Sergio , Ruth, Joyce e toda mi familia por apoyarme siempre en todo durante mi estancia en este país lindo.

Dedico también a mi querida novia Ana Júlia Joaquim.

Al gobierno de Angola por darme esta Beca de estudios.

A la revolución cubana por cuidarme como hijo de su patria.

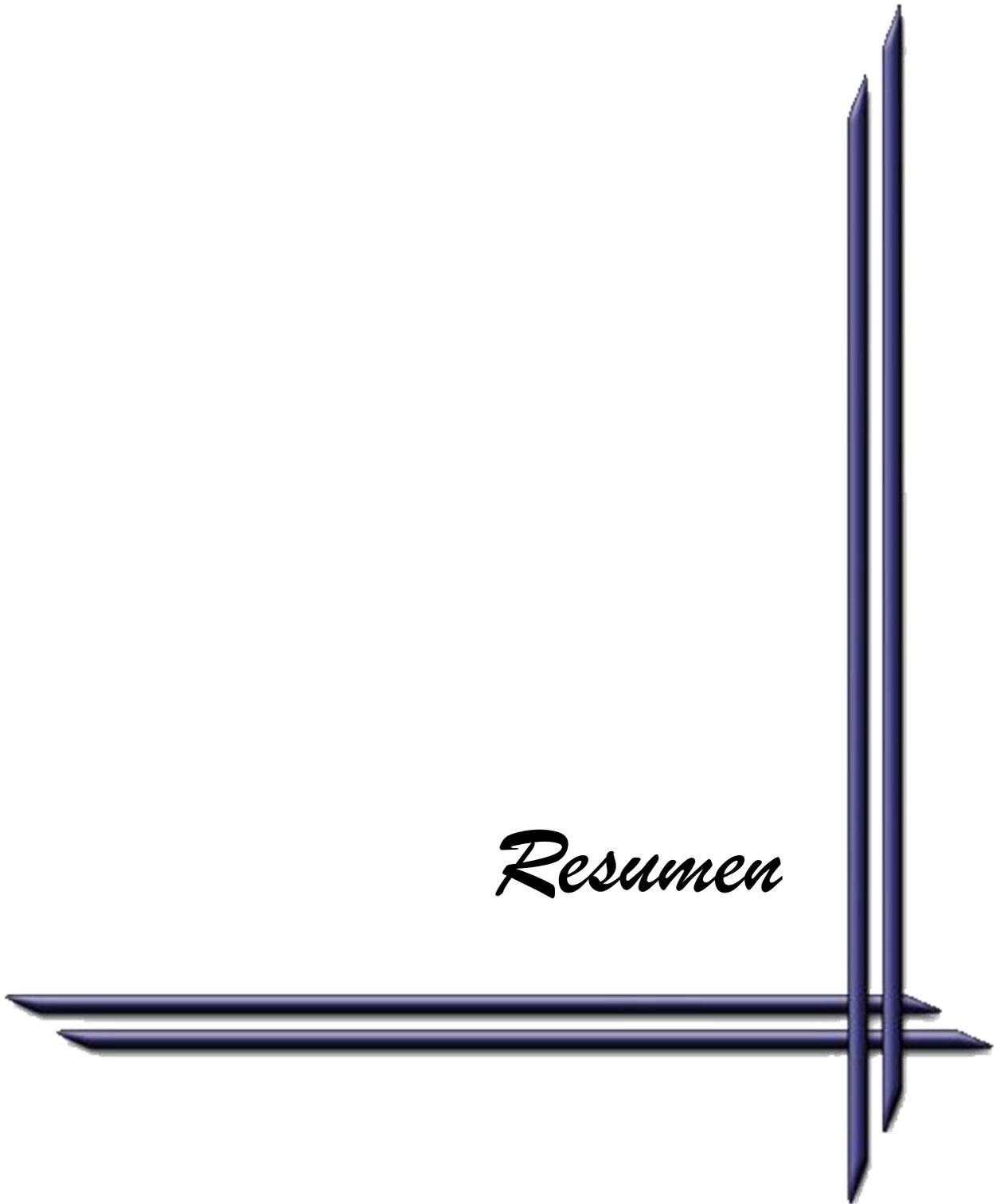
Agradecimientos



Agradecimientos

- ✓ *Deseo agradecer primero que a todo a mi Dios reconociendo que sin él no habría llegado hasta aquí.*
- ✓ *A mi madre por ser lo más extraordinario sobre la faz de la tierra y a quién le debo la vida.*
- ✓ *A mis hermanos por ser lo especial y hermoso en mí vida.*
- ✓ *A mí querida novia por su paciencia, su amor y por ser tan importante en mi vida.*
- ✓ *A mis compañeros de aula, por la ayuda y el aliento que me brindaron durante todos estos años de estudios y por compartir conmigo inolvidables momentos.*
- ✓ *A todas aquellas personas que de una forma u otra me han alentado para la culminación de este trabajo.*
- ✓ *Deseo agradecer de forma especial a mi tutora Jenny Correa Soto por la disposición en todo momento, por los consejos y toda ayuda que me he brindado al largo este trabajo de investigación y por confiar en mí.*
- ✓ *Al Dr. David Leonardo Chivela por ser mi segundo padre y por me dar esta gran oportunidad de poder formarme en el exterior y por toda la ayuda que me he brindado durante estos años de formación.*
- ✓ *A todos los profesores del departamento de Ingeniería Industrial.*
- ✓ *A la Dirección de Relaciones Internacionales y atención al Becados extranjeros.*
- ✓ *A la dirección de la Beca y todos sus funcionarios.*
- ✓ *A todos mis amigos que siempre estuvieron presentes en mi vida estudiantil.*
- ✓ *A aquellas personas directamente o indirectamente me han ayudado por la realización este trabajo.*

Resumen



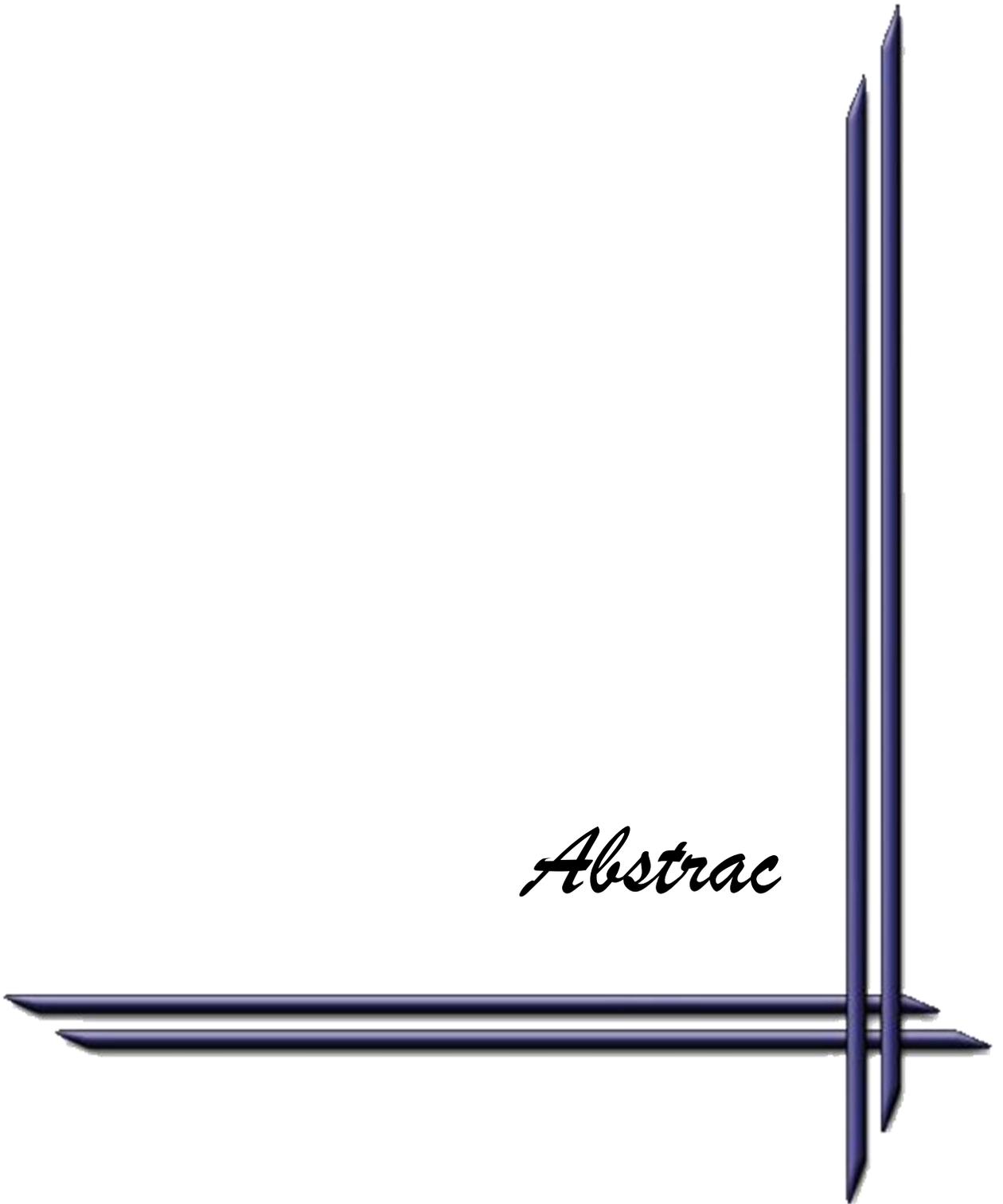
Resumen

La presente investigación titulada "Potencialidades para el desarrollo de las fuentes renovables de energía en el municipio de Cienfuegos hasta el 2030." tiene como objetivo general determinar las potencialidades de desarrollo de fuentes renovables de energía en el municipio de Cienfuegos; debido a la las fuentes renovables de energía son recursos que deben considerar los gobiernos locales en su gestión.

En el desarrollo de la investigación se realiza la revisión de literatura de impacto que aborda la temática de la eficiencia y gestión energética municipal, las fuentes renovables de energía su desarrollo en el mundo y en Cubas. Se utilizan técnicas y herramientas tales como: entrevistas, revisión de documento, trabajo con expertos, tormenta de ideas, concertación de actores, diagrama causa-efecto, 5Ws y 2Hs, selección de metodología y tabulación de datos para el análisis de la información sobre la fuentes renovables de energía, así como la utilización del la herramienta informática MapInfo.

Palabras claves: fuentes renovables de energía, gestión energética municipal, gobierno local, municipio.

Abstrac



Abstrac

The present research entitled "Potentialities for the development of renewable energy sources in the municipality of Cienfuegos until 2030." has as general objective to determine the development potential of renewable energy sources in the municipality of Cienfuegos; because renewable energy sources are resources that local governments must consider in their management.

In the development of the research is carried out the review of impact literature that addresses the issue of efficiency and municipal energy management, renewable energy sources its development in the world and in Cuba's. Techniques and tools such as interviews, document review, work with experts, brainstorming, stakeholder consultation, cause and effect diagram, 5Ws and 2Hs, selection of methodology and tabulation of data for the analysis of information on Renewable sources of energy, as well as the use of the MapInfo computing tool.

Keywords: renewable energy sources, municipal energy management, local government, municipality.

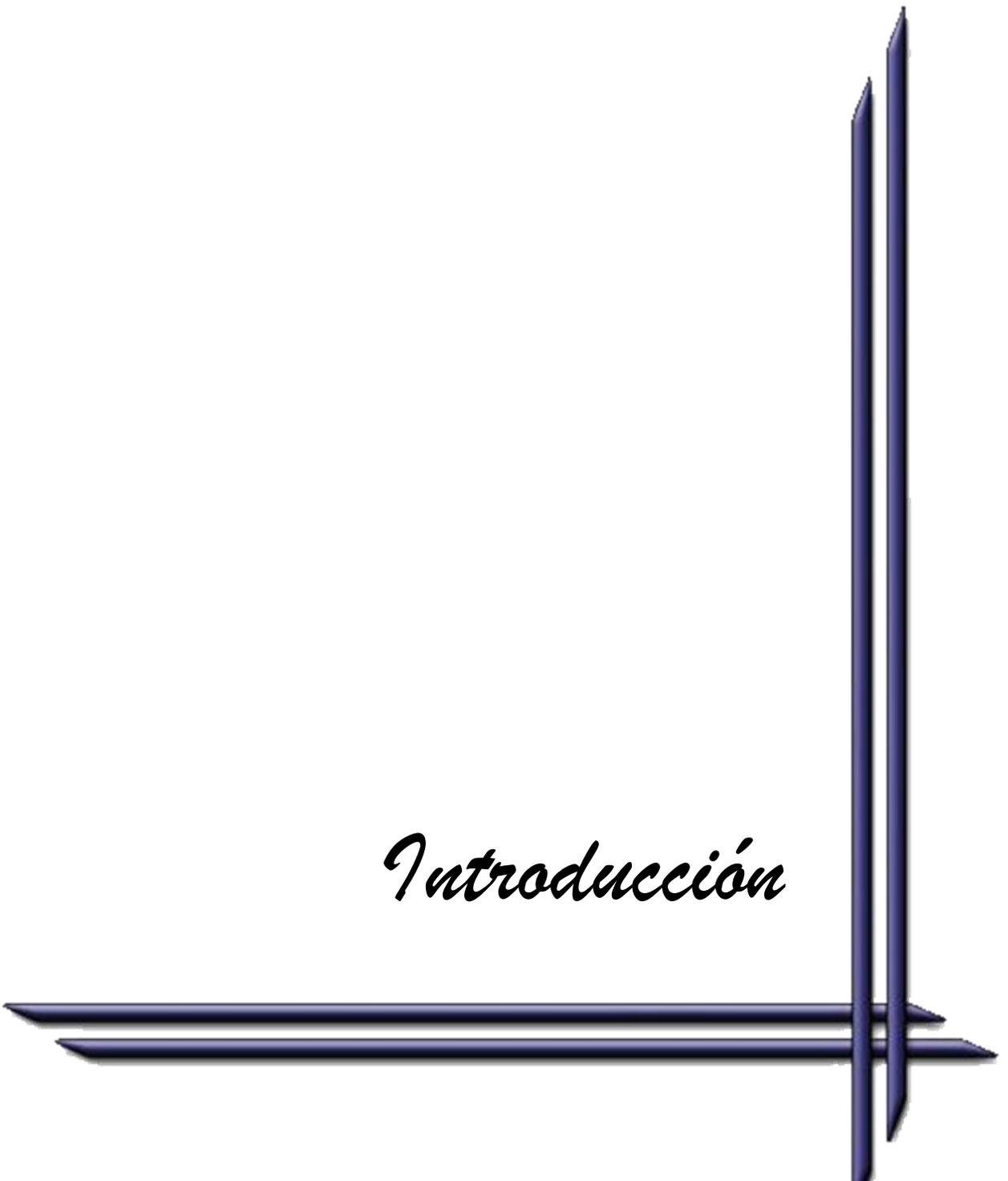


Índice

Resumen	9
Abstrac	11
Índice.....	13
Introducción.....	2
Capítulo I: Las fuentes renovables de energía en la sostenibilidad de municipal	6
1.1 Introducción	6
1.2 Eficiencia y gestión energética.....	7
1.2.1 Eficiencia energética	7
1.2.2 Gestión energética	7
1.3. Norma internacional ISO 50 001: 2011.....	8
1.4 Fuentes de energía.....	10
1.5 Fuentes de energías renovables	11
1.5.1 Clasificación de las energías renovables.....	11
1.5.2 Características y funciones de las energías renovables.....	12
1.6 Utilización de las fuentes renovables de energías en el mundo.....	18
1.7 Agenda 2030	20
1.8 Integración de las fuentes de energías en los municipios del mundo.....	21
1.9 Potencialidades de las fuentes renovables de energías en los municipios del mundo	23
1.9.1 Energías renovables como política de Estado.....	24
1.10 Política del estado cubano para el uso de las fuentes renovables de energía	24
1.10.1 Política aprobada en 2014	26
1.11 Potencial energético para las fuentes renovables de energía en Cuba.....	28
1.12 Uso de fuentes renovables de energías en los municipios de Cuba.....	31
1.13 Conclusiones parciales del capitulo	32
Capítulo II: Análisis de la Gestión energética en Municipio de Cienfuegos.....	35
2.1 Introducción	35
2.2 Caracterización energética de Cuba	35

2.2.1 Generación de energía en Cuba.....	35
2.2.2 Consumo de energía en Cuba	39
2.3 Caracterización energética de la provincia de Cienfuegos.	43
2.3.1 Generación de energía en la provincia de Cienfuegos	43
2.3.2 Consumo de energía en la provincia de Cienfuegos.....	44
2.3.3 Caracterización energética del municipio de Cienfuegos.....	47
2.4 Análisis de la gestión energética local en el municipio de Cienfuegos.....	48
2.4.1 Determinación de los expertos.....	49
2.4.2 Resultados de análisis de la GEL en el municipio de Cienfuegos.....	51
2.5 Procedimiento para el diagnóstico energético municipal en Cuba	53
2.6 Alcance de la investigación	54
2.7 Conclusiones parciales del capítulo	55
Capítulo III: Propuesta de desarrollo fuentes renovables de energía en el municipio de Cienfuegos.....	56
3.1 Introducción.....	56
3.2. Selección de fuentes renovables de energía a potencializar su desarrollo en el municipio de Cienfuegos	56
3.3 Metodología evaluativa para el cálculo de energía eléctrica a partir de las excretas de ganado porcino.....	59
3.4 Aplicación de la metodología evaluativa para el cálculo de energía eléctrica a partir de las excretas de ganado porcino en el municipio de Cienfuegos.....	62
3.4.1 Cálculo de energía eléctrica a partir de las excretas de ganado porcino para toda la masa del municipio de Cienfuegos.....	62
3.4.2 Cálculo de energía eléctrica a partir de las excretas de ganado porcino para el sector estatal del municipio de Cienfuegos.....	67
3.4.3 Cálculo de energía eléctrica a partir de las excretas de ganado porcino para el sector privado del municipio de Cienfuegos.....	72
3.4.4 Cálculo de energía eléctrica a partir de las excretas de ganado porcino de los biodigestores que conforman la Matriz de FRE del municipio.....	77
3.5 Resultados de la proyección de desarrollo de biogás como FRE a potencailizar en el municipio...	79
3.6 Conclusiones parciales del capítulo	80
Conclusiones Generales.....	82
Recomendaciones.....	84
Bibliografía	86
Anexos.....	90

Introducción



Introducción

Las energías renovables han constituido una parte importante de la energía utilizada por los humanos desde tiempos remotos, especialmente la solar, la eólica y la hidráulica. Buenos ejemplos de su utilización de las energías renovables lo constituyen la navegación a vela, los molinos de viento o de agua y las disposiciones constructivas de los edificios para aprovechar la del sol. (González, 2016).

Con el invento de la máquina de vapor por James Watt en el 1769, se abandona estas formas de aprovechamiento de energía, por considerarse inestables en el tiempo y se comienzan a utilizar cada vez más los motores térmicos y eléctricos, en una época en que el consumo de energía era escasa y por consiguiente no hacía prever un agotamiento de las fuentes convencionales de energía, ni otros problemas ambientales que posteriormente a finales del siglo XX fueron perceptibles (González, 2016).

Hacia la década del 70 del siglo XX las energías renovables se consideraron una alternativa a las energías tradicionales, tanto por su disponibilidad presente y futura garantizada (a diferencia de los combustibles fósiles que precisan miles de años para su formación) como por su menor impacto ambiental en el caso de las energías limpias, y por esta razón fueron llamadas energías alternativas. Actualmente muchas de estas energías son una realidad, a través de las tecnologías energéticas renovables. (González, 2016).

La participación de las tecnologías energéticas renovables crece a nivel mundial en 20% anual, si se tienen en cuenta todas sus manifestaciones. La mayoría de los países desarrollados invierten sumas millonarias para poner en explotación las diversas fuentes renovables de energía (FRE), por ser limpias y sobre todo sostenibles. Los mayores progresos se observan en las energías eólica y fotovoltaica, también se aprecian avances importantes en los biocombustibles y en el empleo de residuos sólidos urbanos. (Rodríguez, 2016).

Por otra parte cuando se habla de energía se consideran los términos eficiencia energética y gestión de la energía (Borroto, 2002), términos generalmente relacionados con las organizaciones industriales y de servicios, sin embargo abarca a toda la sociedad (Correa et al, 2017), donde se reconoce a las zonas urbanas como consumidores significativos de energía y grandes emisores de CO₂ al medioambiente; por lo que GE es una necesidad a escala urbana o municipal (Elnakat & Gómez, 2015, Correa et al. 2017), y que los gobiernos locales lo

integren a su gestión pública. La importancia de esta integración es que los gobiernos locales fomenten la eficiencia energética y el uso de las FRE, debido a su influencia sobre los sectores de la sociedad, y la promoción de políticas y programas para el uso de la energía (Erario, 2010; Correa et al, 2017). Existen diferentes experiencias en el mundo donde se gestiona la energía considerando las FRE en la matriz de generación y consumo de un municipio, propiciando de algunos municipio se comiencen a certificar por la norma internacional ISO 50 001 referente a los Sistemas de Gestión de la energía, ejemplos lo constituyen los municipios de Bad Eisenkappel en Austria, Soto de Real en España, Atlacomulco de Fabela en México y Abu Dhabi en Emiratos Árabes Unidos (BSI, 2015, Correa et al, 2016).

Cuba, a pesar de ser un país en vía de desarrollado, no está de espalda ante esta realidad; pobre en recursos convencionales de energía pero rico en sus potencialidades por las FRE, el país apuesta en la diversificación de su matriz energética. Promoviendo un mayor uso y diversificación de las FRE en su esquema energético, en lo cual ya cuenta con un programa dirigido a incrementar la independencia en esa rama, reducir los costos y aumentar la eficiencia y seguridad en el suministro de electricidad a todos los sectores de la economía y a la población (Moreno, 2016)

En Cuba en el año 2011 se proyectó la actualización del Modelo Económico y Social, aprobándose en el marco del VI Congreso del Partido Comunista de Cuba (PCC) los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución, a la eficiencia energética en los lineamientos 135, 251, 245, 252, 254 y al desarrollo de las fuentes renovables de energía contenidos en los lineamientos 113, 131, 247 y 267 (Rodríguez, 2016). En el año 2014 se aprueba la política para el desarrollo prospectivo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía (Puig, 2014); y por último en el 2016 la declaración la protección de los recursos y el medioambiente como dimensiones del desarrollo sostenible y ejes estratégicos para el Plan de desarrollo económico y social hasta el 2030 (Correa et al, 2017).

En ese sentido se han encaminado un grupo de proyectos referidos a la posibilidad de utilizar la energía renovable, principalmente la eólica y la solar mediante paneles de celdas fotovoltaicas que la convierten en electricidad. Como línea estratégica para el desarrollo de estas fuentes de energías, se han sometido a prueba diversas tecnologías, incluyendo aquellas diseñadas para soportar los fuertes huracanes que azotan al país. Se han identificado como potencial eólico el extremo occidental de Pinar del Río, la Isla de la Juventud, la costa norte de las provincias de Holguín hasta Villa Clara y el noroeste de la región oriental de Cuba. Se han ejecutado mediciones de la velocidad del viento a 50 metros de altura en puntos seleccionados de estas macro localizaciones para conocer los sitios más idóneos y se han dado pasos que permitieron conocer las potencialidades de la energía eólica en todo el país (Rodríguez, 2002; Camacho, 2016).

La provincia de Cienfuegos (la tercera más pequeña del país) se caracteriza como una provincia industrial y de alto consumo energético. Solo en el año 2014 el consumo de energía eléctrica supero los 3 000 000 MWatt, de ellos 55,5 % corresponde al sector estatal y el 44,5 % al sector privado (siendo de este 42,9 % al sector residencial). En la provincia se han llevado a cabo ambiciosos proyectos de instalación de parques fotovoltaicos para el incremento de la capacidad de generación y conexión a la red de distribución (Fernández, 2015; R. Digital, 2015; Martínez, 2016).

En el año 2016 se acciona en el municipio de Cienfuegos diseñando un procedimiento para el diagnóstico energético local con el objetivo de conocer las características energéticas de generación y consumo del municipio con alcance al diagnóstico sector residencial; (Ávila, F, 2016; Aureliano, G, 2016; Cantero, A, 2016; Fernández, L, 2016; Nápoles, O, 2016 & Rodríguez, S, 2016) se evidencio la tendencia al aumento del consumo y todo sustentado sobre el uso de combustibles fósiles. Considerando el mes de julio de mayor consumo en este sector un solo mes representa 155.22 GW.h, que representan un subsidio del país equivalente a 13 Millones de pesos. Lo que hace una necesidad el empleo de FRE en la matriz energética de generación y consumo municipal y determinar sus potencialidades de desarrollo en el municipio

Todo lo anteriormente mencionado constituye la situación problemática de la investigación, declarándose como **Problema de Investigación** el siguiente: ¿Cómo conocer las potencialidades de desarrollo de fuentes renovables de energía en el municipio de Cienfuegos?

En correspondencia al problema declarado se plantea el **Objetivo General** de la investigación que consiste en: Determinar las potencialidades de desarrollo de fuentes renovables de energía en el municipio de Cienfuegos.

Para alcanzar el objetivo general antes expuesto se proponen los **objetivos específicos** siguientes:

1. Realizar un análisis documental referente eficiencia energética, la gestión energética, las fuentes renovables de energía su uso en el mundo y Cuba.
2. Realizar la caracterización energética de Cuba, la provincia de Cienfuegos y el municipio de Cienfuegos.
3. Propuesta desarrollo de las fuentes renovables de energía en el municipio de Cienfuegos.

La investigación se estructura de la siguiente forma:

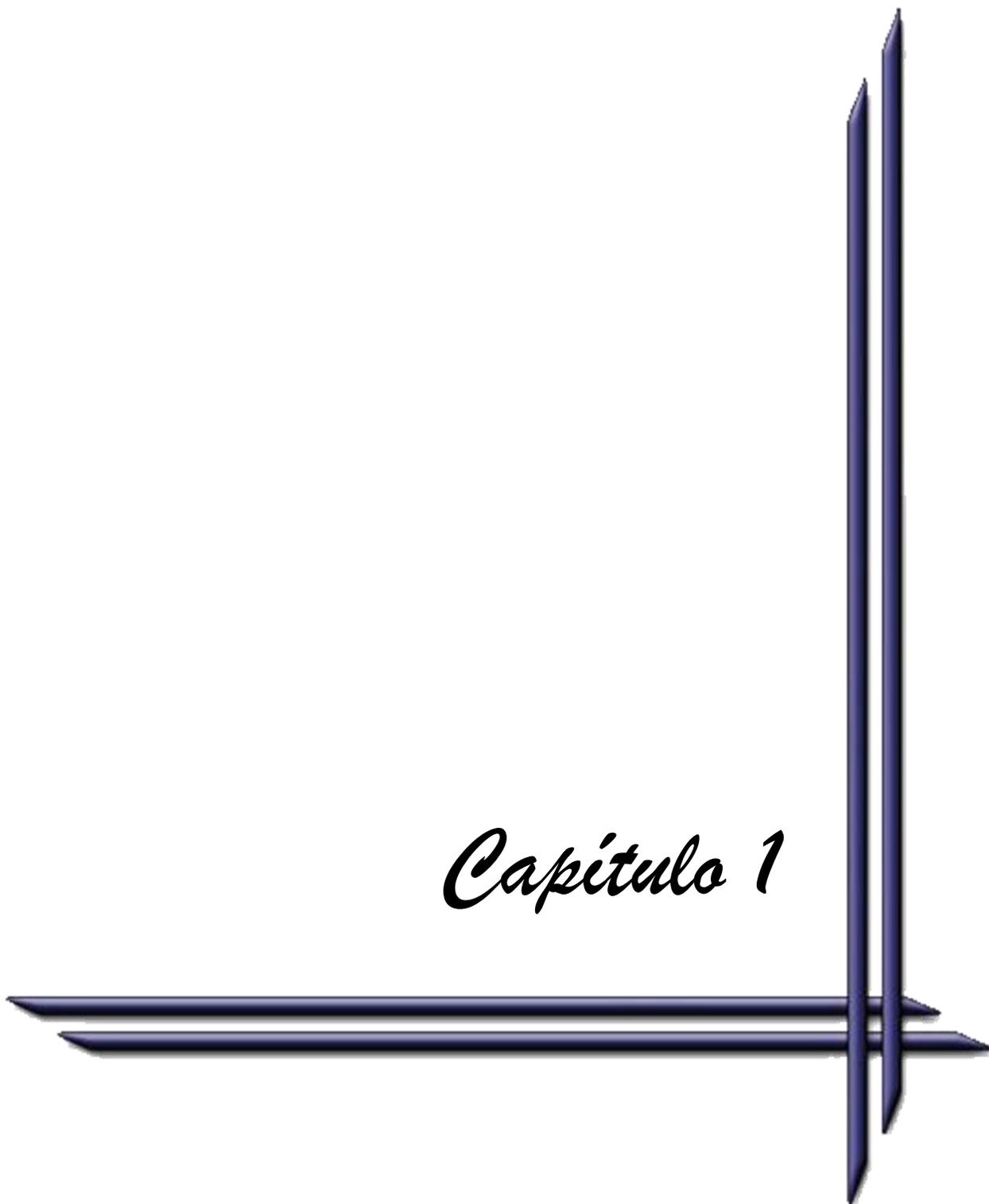
Capítulo I: En este se realiza un estudio documental sobre generalidades sobre la eficiencia energética, la gestión energética, caracterización y utilización de las fuentes renovables de energía, su desarrollo a nivel internacional y en Cuba, que manifiesten la actualidad y pertinencia de la investigación.

Capítulo II: Se realiza la caracterización energética de Cuba, de la provincia de Cienfuegos y el municipio de Cienfuegos, se hace un análisis de la gestión energética local (GEL) en el municipio de Cienfuegos, determinándose las causas que la afectan, estableciéndose un plan de mejora el respecto.

Capítulo III: Se determinan las oportunidades de desarrollo de FRE en el municipio de Cienfuegos teniendo en cuenta sus características.

Otros elementos que constituyen la investigación son: Resumen, abstract, introducción, conclusiones generales, recomendaciones, bibliografía y anexos.

Capítulo 1



Capítulo I: Las fuentes renovables de energía en la sostenibilidad de municipal

1.1 Introducción

En la construcción del marco teórico para esta investigación se hace imprescindible la revisión bibliográfica que la sustenta en función de la temática a abordar, por lo que se procede a realizar una revisión de documentos relacionados con la eficiencia energética, gestión energética, la norma ISO 50 001: 2011, las fuentes de energía renovables, el desarrollo local (DL), la gestión energética local (GEL). Para su comprensión se presenta en la Figura 1.1

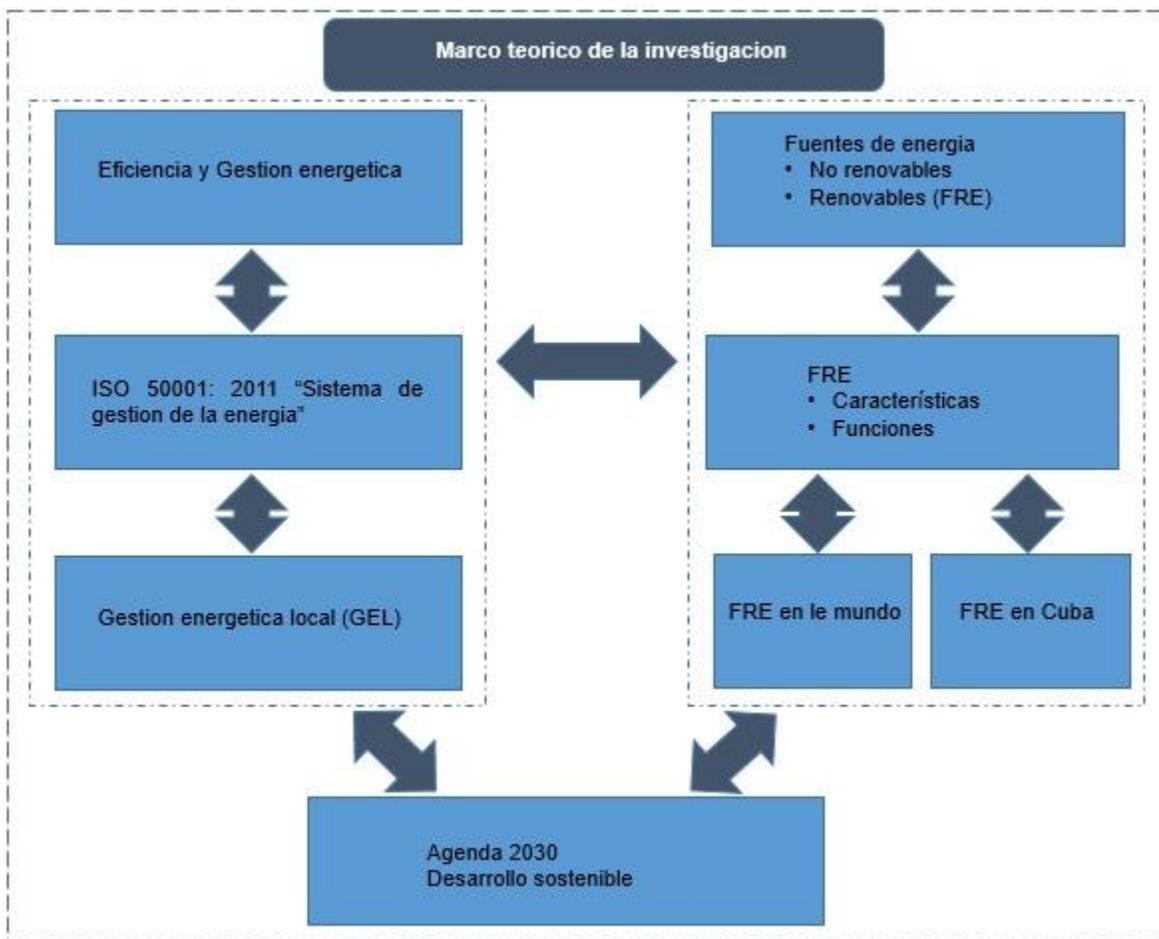


Figura 1.1: Hilo conductor de la Investigación. **Fuente:** Elaboración propia.

1.2 Eficiencia y gestión energética

Según, (Sawaengsak; Silalertruksa; Bangviwat & Gheewala, S; 2014), la creciente demanda energética fundamentada por el desarrollo acelerado de algunos países ha propiciado una competencia intensa por el control de las reservas de petróleo, incluyendo que los mercados petroleros presentan como principal tendencia la inestabilidad de los precios. Es necesario considerar que los problemas energéticos tienen cada vez más importancia en el mundo, los de mayor relevancia los constituyen el acceso a la energía, la volatilidad de los precios y los impactos negativos en el medioambiente donde la emisión de gases de efecto invernadero se considera la principal causa de la elevación de la temperatura de la tierra y los océanos, provocando el cambio climático (Valkila, 2013).

1.2.1 Eficiencia energética

Una de las vías más importantes para mitigar el cambio climático es remover los obstáculos que impiden que se realicen mejoras en la eficiencia energética tanto en la industria, los servicios, los hogares y la sociedad, donde se hace necesario un cambio en la forma de gestionar (Saari, 2013).

El término eficiencia energética implica lograr un nivel de producción o servicios, con los requisitos establecidos por el cliente, con el menor gasto energético posible y la menor contaminación ambiental (Borroto, 2002).

Por lo que el sector energético demanda el uso de energía limpia, con la adopción de tecnologías basadas en las FRE, requiriendo innovación que aumente el desempeño y disminuya costos así como los efectos adversos al medio ambiente (Cheon & Urpelainen, 2010; Bayer, 2013).

1.2.2 Gestión energética

Es parte del sistema de gestión de una organización dedicada a desarrollar e implementar una política energética. La gestión energética (GE) o administración de la energía es un subsistema de la gestión empresarial que abarca las actividades de administración y aseguramiento que le confieren a la organización la aptitud para satisfacer de forma eficiente sus necesidades energéticas (Borroto, 2006).

Con la aprobación de la norma ISO 50 001: 2011 "*Energy Management Systems – Requirements with guidance for use.*" por la Organización Internacional de Normalización (ISO),

como resultado de normas técnicas desarrolladas por países como Dinamarca en el año 2001, Suecia en el 2003, Estados Unidos e Irlanda en el 2005, España en el 2007 y la Unión Europea en el 2009 (Correa, 2014); ha traído como consecuencia el aumento del interés internacional en la GE. Por este motivo para muchas organizaciones la GE se ha convertido en una prioridad por lo que las organizaciones se esfuerzan en reducir los costos de energía, ajustándose a los requisitos reglamentarios y mejorar su imagen corporativa (Antunes, 2014; Jovanović & Filipović, 2016).

1.3. Norma internacional ISO 50 001: 2011

La solicitud para el desarrollo de la norma internacional ISO 50 001:2011 de gestión de la energía provino de la Oficina de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), quien reconoció que la industria necesita plantear una respuesta efectiva al cambio climático.

El objetivo de este estándar internacional es permitir a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar el rendimiento en el uso de la energía. El estándar lleva a reducciones de costo, emisiones de gases de efecto invernadero y otros impactos ambientales por medio de la gestión sistemática de la energía. Es aplicable a todo tipo de organizaciones independientemente de su ubicación geográfica, condiciones culturales o sociales. La implementación acertada depende del compromiso de todos los niveles y funciones de la organización y sobre todo de la dirección superior (NC-ISO 50001: 2011).

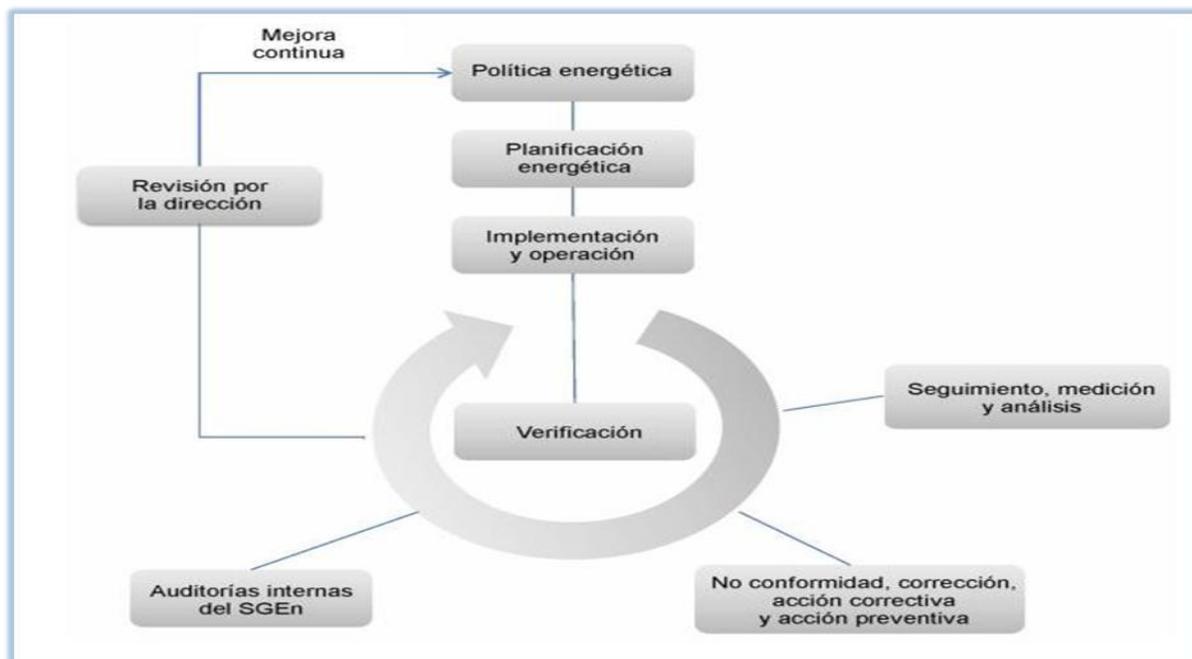
La norma define los requisitos para un sistema de gestión energética (SGE), para desarrollar e implantar una política energética, establecer objetivos, metas y planes de acción, teniendo en cuenta los requisitos legales y la información pertinente al uso significativo de energía. La ISO 50001: 2011 no fija objetivos para mejorar la eficiencia energética, esto depende de la organización usuaria o de las autoridades reguladoras, significa que cualquier organización independientemente de su dominio actual de gestión de la energía, puede aplicarla para establecer una línea de base y luego mejorarla a un ritmo adecuado a su contexto y capacidades.

Se basa en el ciclo de mejora continua Planear-Hacer-Verificar-Actuar e incorpora la gestión energética en las prácticas organizacionales diarias (Correa, 2014).

La ISO 50 001: 2011 provee un marco de requisitos que permite a las organizaciones:

- Desarrollar una política para un uso más eficiente de la energía.
- Fijar metas y objetivos para cumplir con la política.
- Utilizar los datos para entender mejor y tomar decisiones sobre el uso y consumo de energía.
- Medir los resultados.
- Revisar la eficacia de la política.
- Mejorar continuamente la gestión de la energía.

La aplicación global de esta norma contribuye a lograr un uso más eficiente de las fuentes de energía disponibles, incrementar la competitividad y reducir el impacto ambiental. Las bases de este enfoque se muestran a continuación en la Figura 1.2.



Fi

Figura 1.2: Modelo de sistema de gestión de la energía ISO 50 001: 2011. **Fuente:** (NC-ISO 50001: 2011).

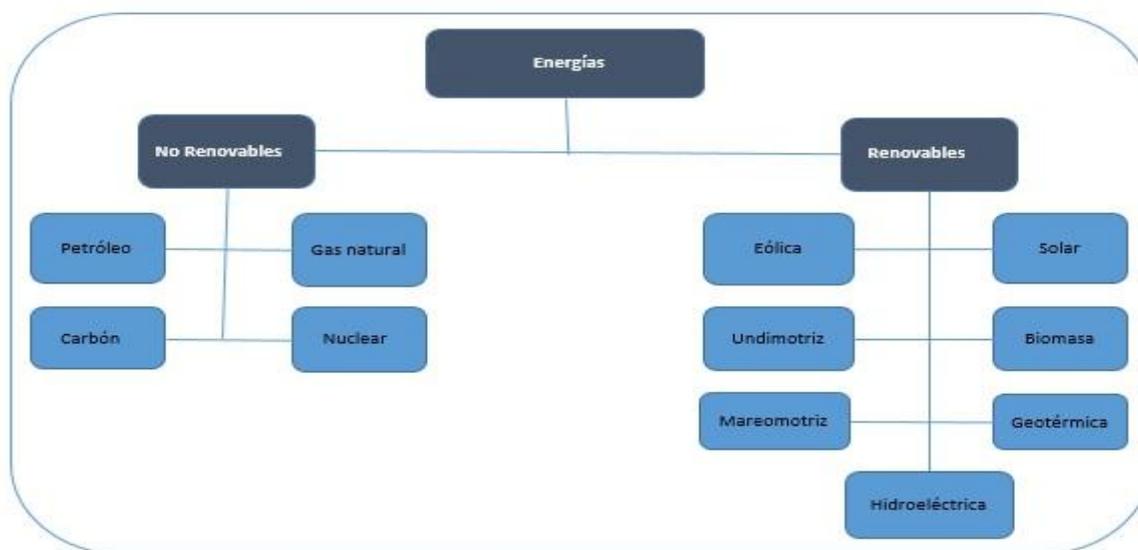
La ISO 50 001 se encuentra estrechamente alineada con las normas ISO 9 001: 2015 (gestión de calidad) y la ISO 14 001: 2015 (gestión medioambiental). Estas tres normas son

ampliamente implementadas en las organizaciones, y la integración de un SGE dentro estos sistemas ya existentes, debe ser relativamente sencilla (Correa, 2014).

1.4 Fuentes de energía

La demanda y consumo de energía están estrechamente relacionados con el desarrollo sustentable y la calidad de vida. La energía es esencial para la satisfacción de muchas necesidades. Sin ella sería imposible la producción de bienes y servicios, así como la realización de labores cotidianas como cocinar, calentarse, viajar de un lugar a otro, comunicarse o iluminar una casa u oficina. El flujo de materiales necesarios para mantener estas actividades depende de la existencia y disponibilidad de fuentes de energía. La Energía es la capacidad de los cuerpos, o de un conjunto de ellos, para efectuar un trabajo; es lo que permite que un cuerpo se mueva o se desplace, o bien que cambie sus propiedades (Santana, 2013).

Las fuentes energéticas son aquellos recursos o medios capaces de producir algún tipo de energía para luego consumirla. En la figura 1.3 se muestra de forma resumida estas fuentes y como pueden clasificarse.



Fig

ura 1.3: Clasificación de las fuentes de energías. **Fuente:** Elaboración propia.

Energías Renovables: Se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por

medios naturales. Las energías renovables son ilimitadas y permiten reducir las emisiones nocivas para el clima. Pueden regenerarse, lo que permite prever su disponibilidad futura. Es el caso de ríos, olas, sol, viento, mareas, biomasa (leña y residuos), calor de la tierra.

Energías no renovables: existen en cantidad limitada en la naturaleza, lo que supone su eventual agotamiento. Por ejemplo, el carbón, petróleo, gas natural, energía nuclear (Santana, 2013).

1.5 Fuentes de energías renovables

Entre las energías renovables se cuentan la eólica, geotérmica, hidroeléctrica, mareomotriz, solar (térmica y fotovoltaica), undimotriz, la biomasa y los biocombustibles. Solo con energía fotovoltaica se podría cubrir 3,8 veces la demanda energética mundial (Santana, 2013; González, 2016) tal como se muestra en la figura 1.4 a continuación.

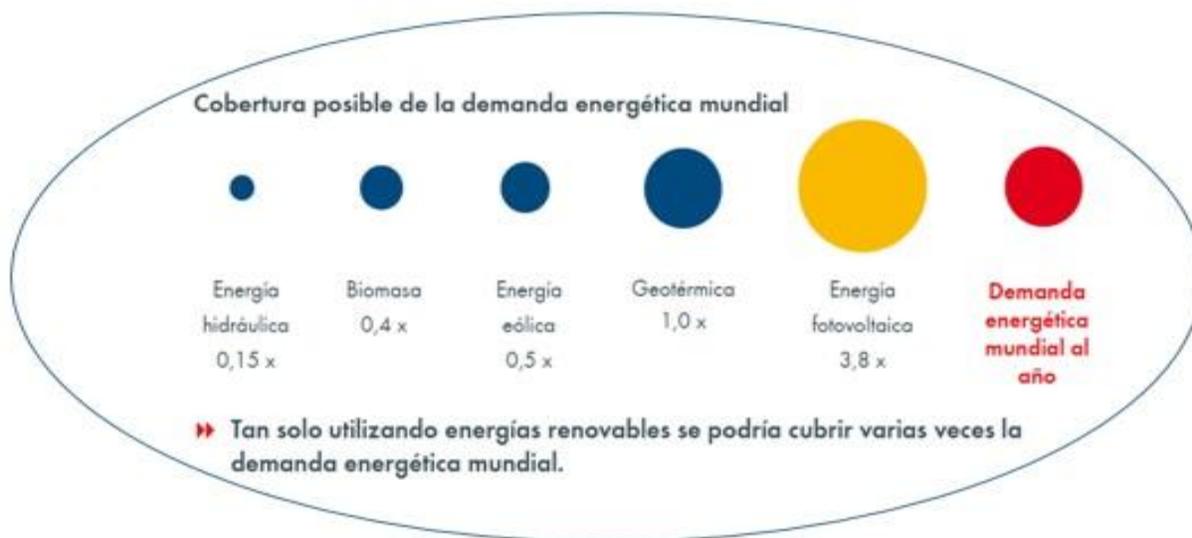


Figura 1.4: Cobertura posible de la demanda energética mundial. **Fuente:** (SMA, 2013).

1.5.1 Clasificación de las energías renovables

Las fuentes renovables de energía pueden dividirse en dos categorías: No contaminantes o limpias y contaminantes (Santana, 2013).

1. Las no contaminantes, que son las realmente renovables, se obtienen a partir de la materia orgánica o biomasa, y se pueden utilizar directamente como combustible (madera u otra materia vegetal sólida), bien convertida en bioetanol o biogás mediante procesos de fermentación orgánica o en biodiesel, mediante reacciones de transesterificación.
2. Las energías de fuentes renovables contaminantes tienen el mismo problema que la energía producida por combustibles fósiles: en la combustión emiten dióxido de carbono, gas de efecto invernadero, y a menudo son aún más contaminantes puesto que la combustión no es tan limpia, emitiendo hollines y otras partículas sólidas. Sin embargo se encuadran dentro de las energías renovables porque el dióxido de carbono emitido será utilizado por la siguiente generación de materia orgánica.

1.5.2 Características y funciones de las energías renovables.

Energía es la capacidad de los cuerpos, o de un conjunto de ellos, para efectuar un trabajo; es lo que permite que un cuerpo se mueva o se desplace, o bien que cambie sus propiedades. La demanda y consumo de energía están estrechamente relacionados con el desarrollo sustentable y la calidad de vida. La energía es esencial para la satisfacción de muchas necesidades.

Las fuentes energéticas son aquellos recursos o medios capaces de producir algún tipo de energía para luego consumirla.

1.5.2.1 Energía hidráulica (Hidroeléctrica)

La energía hidráulica, o hidroenergía, es la tecnología más antigua empleada para la producción de electricidad. Una quinta parte de la electricidad producida en el mundo proviene de ella.

Uno de los recursos más importantes cuantitativamente en la estructura de las energías renovables es la procedente de las instalaciones hidroeléctricas donde se aprovechan la energía potencial del agua o la cinética para mover las turbinas y generadores que producen la electricidad (González, 2016).

En forma general, el agua que fluye y cae a través de las cortinas de las presas, saltos de agua, etc. se lleva por conductos para hacer girar las aspas de las turbinas, las que a su vez hacen girar los generadores.

1.5.2.2 La biomasa

Es una fuente de energía procedente de manera indirecta del sol y puede ser considerada una energía renovable siempre que se sigan unos parámetros medioambientales adecuados en su uso y explotación.

La formación de biomasa a partir de la energía solar se lleva a cabo por el proceso denominado fotosíntesis vegetal que a su vez es desencadenante de la cadena biológica. Mediante la fotosíntesis las plantas que contienen clorofila, transforman el dióxido de carbono y el agua, productos minerales sin valor energético, en materiales orgánicos con alto contenido energético y a su vez sirven de alimento a otros seres vivos. La biomasa mediante estos procesos almacena a corto plazo la energía solar en forma de carbono. La energía almacenada en el proceso fotosintético puede ser posteriormente transformada en energía térmica, eléctrica o carburantes de origen vegetal (R. Digital, 2014).

El biogás es un producto natural generado por las bacterias contenidas en la biomasa. Se produce durante la fermentación en ausencia de oxígeno, lo que se conoce como fermentación anaerobia. Su potencialidad se encuentra en el tratamiento de residuales contaminantes en vaquerías, unidades porcinas y avícolas, destilerías, mataderos, fábricas de conserva, procesadoras de café, residuos sólidos urbanos y restos de cosecha.

El resultado final del biogás proviene de la combustión para utilizarse directamente como energía térmica, o en ciclos combinados de calor y potencia.

La biomasa cañera se emplea como fuente de energía desde hace cientos de años, para producir calor, y posteriormente electricidad. Cuando se combinan ambos procesos se le conoce como cogeneración. Más de 1 350 millones toneladas de caña se producen cada año en el mundo (FAO-WADE, 2004). Una alta eficiencia de cogeneración en la industria azucarera pudiera producir 25% de la energía que consume el mundo (WADE, 2004).

En países desarrollados, la eficiencia de la tecnología de cogeneración es de más de 100 kW.h por cada tonelada de caña procesada. Con 1 350 millones se pueden obtener potencialmente 135 029 GW.h por año.

1.5.2.3 Energía solar

La energía solar es fuente de vida y origen de la mayoría de las demás formas de energía en la Tierra. Cada año la radiación solar aporta a la Tierra la energía equivalente a varios miles de veces la cantidad de energía que consume la humanidad. En solo una hora el Sol suministra más energía a la Tierra que la que se consume en un año en todo el mundo. Sobre la base de la tecnología fotovoltaica, la luz solar se puede convertir en electricidad directamente hacia los diferentes campos de aplicación. Recogiendo de forma adecuada la radiación solar, esta puede transformarse en otras formas de energía como energía térmica o energía eléctrica utilizando paneles solares (González, 2016).

Se distinguen dos componentes en la radiación solar: la radiación directa y la radiación difusa. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes, y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas direcciones. Sin embargo, tanto la radiación directa como la radiación difusa son aprovechables.

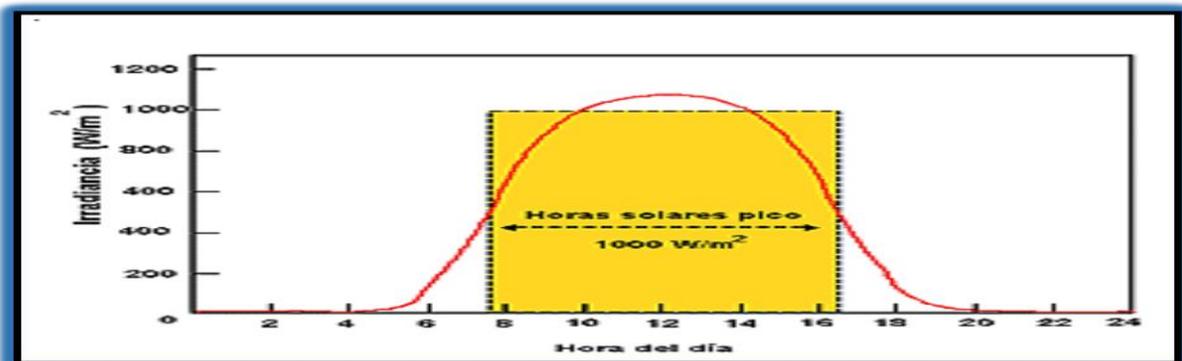


Figura 1. 5: Irradiación a lo largo del día. **Fuente:** (González, 2016)

1.5.2.4 Solar Fotovoltaica

Consiste en la conversión directa de la luz solar en electricidad, mediante un dispositivo electrónico denominado “célula solar o panel solar”. La conversión de la energía de la luz solar en energía eléctrica es un fenómeno físico conocido como “efecto fotovoltaico”, que se debe a la interacción de la radiación luminosa con los electrones en los materiales semiconductores. Presenta características peculiares entre las que se destacan: Elevada calidad energética, el pequeño o nulo impacto ecológico (no emiten CO₂ en la atmosfera), inagotable a escala humana

La energía solar fotovoltaica permite un gran número de aplicaciones, ya que puede suministrar energía en emplazamientos aislados de la red (viviendas aisladas, escuelas, faros, bombeos, repetidores de telecomunicaciones, etc.) o mediante instalaciones conectadas a la red eléctrica, pero su principal aplicación es la generación eléctrica conectada a la red de distribución (RENAC, 2011), con el fin de reducir el consumo de energías contaminantes.

Según, González (2016), la energía solar fotovoltaica como fuente de energía global será indispensable en la configuración futura de la energía debido a:

- Su enorme potencial, la energía solar es prácticamente infinita.
- Sus aplicaciones son escalables, desde sistemas pequeños hasta plantas solares de producción eléctrica.
- Su producción descentralizada disponible en el lugar de generación, sin cargos extras por su distribución o pérdidas asociadas a su transmisión.
- La factibilidad de suministrar energía en áreas remotas a la red eléctrica.
- El gran potencial para la reducción de costos conforme los mercados y procesos de manufactura son desarrollados.
- El beneficio para economías locales, mitigando flujos financieros.
- Ningún daño ambiental, reducción de gases de efecto invernadero, libre de ruido y emisiones.
- Períodos de recuperación energética cortos, alrededor de 3 años.
- Tecnología probada, confiable y durable y bajos costos de mantenimiento.

1.5.2.5 Térmica

Las instalaciones solares térmicas transforman la energía del Sol en calor. La tecnología de producción de agua caliente a partir del Sol ha evolucionado desde los simples colectores

solares planos, hace más de 40 años, hasta los modernos colectores de tubos al vacío. En China y en Taiwán se concentra la producción de calentadores solares, con 80% de la producción mundial. Le siguen Europa, India, Japón y Estados Unidos (González, 2016).



Figura 1.6: Formas de captación de energía solar. **Fuente:** (González, 2016)

1.5.2.6 Energía eólica

Es la energía obtenida de la fuerza del viento, es decir mediante la utilización de la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire. Está relacionada con el movimiento de las masas de aire que desplazan de áreas de alta presión atmosférica hacia áreas adyacentes de baja presión, con velocidades proporcionales al (gradiente de presión).

Los desarrollos tecnológicos de esta fuente renovable de energía a gran escala se encuentran en los parques eólicos terrestres (on-shore) y en los marítimos o costa afuera (off-shore). Los parques terrestres son menos costosos relativamente, aunque introducen impactos medioambientales y sociológicos que los hacen muy cuestionados en determinados escenarios.

Los parques eólicos off-shore tienen la ventaja de la calidad y fortaleza de los vientos en mar afuera, presentan menos ruidos e inconvenientes medioambientales y sociológicos. Su operación y mantenimiento son más caros y complejos. Esto último, junto a la inversión inicial,

los hace 20% más caros que los terrestres. En ese contexto, la energía eólica a gran escala crece entre 20 y 30% anualmente (Cornejo Lalupú, 2013).

La energía eólica ha sido aprovechada desde la antigüedad para mover los barcos impulsados por velas o hacer funcionar la maquinaria de molinos al mover sus aspas. Es un tipo de energía verde.

1.5.2.7 Energía geotérmica

Es aquella energía que puede ser obtenida por el hombre mediante el aprovechamiento del calor del interior de la Tierra. El calor del interior de la Tierra se debe a varios factores, entre los que cabe destacar el gradiente geotérmico, el valor radiogénico, etc. Geotérmico viene del griego geo, "Tierra", y thermos, "calor"; literalmente "calor de la Tierra". Parte del calor interno de la Tierra (5.000°C) llega a la corteza terrestre. En algunas zonas del planeta, cerca de la superficie, las aguas subterráneas pueden alcanzar temperaturas de ebullición, y, por tanto, servir para accionar turbinas eléctricas o para calentar (R. Digital, 2014)..

1.5.2.8 Energía mareomotriz

Se debe a las fuerzas gravitatorias entre la Luna, la Tierra y el Sol, que originan las mareas, es decir, la diferencia de altura media de los mares según la posición relativa entre estos tres astros. Esta diferencia de alturas puede aprovecharse en lugares estratégicos como golfos, bahías o estuarios utilizando turbinas hidráulicas que se interponen en el movimiento natural de las aguas, junto con mecanismos de canalización y depósito, para obtener movimiento en un eje.

Mediante su acoplamiento a un alternador se puede utilizar el sistema para la generación de electricidad, transformando así la energía mareomotriz en energía eléctrica, una forma energética más útil y aprovechable.

La energía mareomotriz tiene la cualidad de ser renovable en tanto que la fuente de energía primaria no se agota por su explotación, y es limpia, ya que en la transformación energética no se producen subproductos contaminantes durante la fase de explotación. Sin embargo, la relación entre la cantidad de energía que se puede obtener con los medios actuales y el coste

económico y el impacto ambiental de instalar los dispositivos para su proceso han impedido una proliferación notable de este tipo de energía.

1.5.2.9 Energía undimotriz

Es la energía producida por el movimiento de las olas; y la energía debida al gradiente térmico oceánico, que marca una diferencia de temperaturas entre la superficie y las aguas profundas del océano.

1.6 Utilización de las fuentes renovables de energías en el mundo

La creciente exigencia de niveles de confort, la mecanización de las tareas, la demanda de mayores cotas de rápida y cómoda comunicación, la modernización de nuestra sociedad post-industrial, el crecimiento demográfico y la inherente aceleración de los ritmos de vida, conllevan inexorablemente a mayores demandas energéticas (Nación, 2004).

La energía es fundamental para el desarrollo de las tecnologías y para proporcionar la mayoría de los servicios esenciales que mejoren la condición humana. Sin embargo, el uso de la energía produce invariablemente una ruptura del equilibrio ambiental, provocando una reacción de la naturaleza que puede causar consecuencias adversas para el propio hombre. Desde que se manifestó mundialmente la necesidad de desarrollar una política ambiental, se comenzó a considerar el desarrollo y la utilización de FRE (Velázquez, 2013).

Las FRE son parte de la solución hacia un desarrollo sostenible, es decir, un desarrollo que responde a las necesidades de hoy sin comprometer la capacidad de las próximas generaciones de responder a las suyas. Se pueden utilizar de forma autogestionada y tienen la ventaja adicional de complementarse favoreciendo la integración entre ellas (Roqueta, 2014).

Según las estadísticas aportadas en 2015 por la Agencia Internacional de la Energía (AIE), el crecimiento de las energías limpias es imparable, como queda reflejado, representan cerca de la mitad de la nueva capacidad de generación eléctrica instalada en 2014, toda vez que se han constituido en la segunda fuente global de electricidad, sólo superada por el carbón (AIE; R. NatGeo; IRENA; ACIONA, 2015).

De acuerdo a la AIE, la demanda mundial de electricidad aumentará un 70% hasta 2040, elevando su participación en el uso de energía final del 18% al 24% en el mismo periodo, espoleada principalmente por regiones emergentes (India, China, África, Oriente Medio y el sureste asiático).

El 2014 fue el año más cálido desde que existen registros (AIE; R. NatGeo; IRENA; ACCIONA, 2015). La Tierra ha sufrido un calentamiento de 0,85°C de media desde finales del siglo XIX, apunta **National Geographic** en su número especial del Cambio Climático de noviembre de 2015.

En paralelo, unos 1.100 millones de habitantes, el 17% de la población mundial, no disponen de acceso a la electricidad. Igualmente, 2.700 millones de personas – el 38% de la población global- utilizan biomasa tradicional para cocinar, calentarse o iluminar sus viviendas con grave riesgo para su salud.

Las energías renovables han recibido un importante respaldo de la comunidad internacional con el '**Acuerdo de París**' suscrito en la **Cumbre Mundial del Clima** celebrada en diciembre de 2015 en la capital francesa. El acuerdo, que entrará en vigor en 2020, establece por primera vez en la historia un objetivo global vinculante, por el que los casi 200 países firmantes se comprometen a reducir sus emisiones de forma que la temperatura media del planeta a final del presente siglo quede muy por debajo de los dos grados, -el límite por encima del cual el cambio climático tiene efectos más catastróficos- e incluso a intentar dejarlo en 1,5 grados.

Según la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), duplicar la cuota de energías renovables en el mix energético mundial hasta alcanzar el 36% en 2030 supondría un crecimiento adicional a nivel global del 1,1% ese año (equivalente a 1,3 billones de dólares), un incremento del bienestar del 3,7% y el aumento del empleo en el sector hasta más de 24 millones de personas, frente a los 9,2 millones actuales. La transición hacia un sistema energético basado en tecnologías **renovables** tendrá asimismo efectos económicos muy positivos (AIE; R. NatGeo; IRENA; ACCIONA, 2015).

ACCIONA Energía trabaja en exclusiva en energías renovables para proporcionar en todo el mundo energía limpia y sostenible. Tiene presencia destacada en más de 20 países de los

cinco continentes. Su actividad se centra en las principales tecnologías renovables: eólica, solar fotovoltaica, termo solar, hidráulica y biomasa. Cuenta con más 8.600 MW de potencia en propiedad que producen anualmente más de 21 Tera vatios hora (TW.h) de electricidad libre de emisiones, equivalente al consumo de más de 6 millones de hogares. Asimismo, realiza proyectos para terceros, de los que ha instalado más de 1.900 MW.

Por eso, uno de los objetivos establecidos por Naciones Unidas es lograr el acceso universal a la electricidad en 2030, una ambiciosa meta si se considera que, según las estimaciones de la AIE, todavía habrá en esa fecha 800 millones de personas sin acceso al suministro eléctrico, de seguir la tendencia actual (AIE; R. NatGeo; IRENA; ACIONA, 2015). Desde luego, el desarrollo de las energías limpias es imprescindible para combatir el cambio climático y limitar sus efectos más devastadores en todas partes del mundo.

1.7 Agenda 2030

Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos es uno de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible aprobados en septiembre de 2015 en el seno de Naciones Unidas y que, de manera general, se proponen erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad (Reve, 2016).

Entre las metas propuestas para alcanzar este objetivo está aumentar sustancialmente el porcentaje de la energía renovable en el conjunto de fuentes de energía para el año 2030; de igual modo, se prevé incrementar la cooperación internacional, a fin de facilitar el acceso a la investigación y las inversiones en tecnologías energéticas no contaminantes, incluidas las fuentes de energía renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos dañinas de combustibles fósiles (Reve, 2016).

El empleo de las variantes energéticas permitiría alcanzar al país objetivos como: disminuir la ineficiencia del sistema eléctrico, reducir la dependencia de combustibles fósiles, contribuir a la sustentación medioambiental, modificar la matriz energética de generación y consumo, incrementar la competitividad de la economía en su conjunto y disminuir el alto costo de la energía que se entrega a los consumidores.

La promoción del uso de fuentes renovables de energía constituye un imperativo a nivel mundial, no solo para contribuir al ahorro de combustibles, sino para desarrollar estilos de vida que, a la vez que nos beneficien, contribuyan al cuidado del medio ambiente.

De acuerdo con información de las Naciones Unidas, la energía es el principal contribuyente al cambio climático, y representa alrededor del 60 % del total de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial, por lo que reducir las emisiones de carbono de la energía es un objetivo a largo plazo relacionado con el clima.

Cuba fue uno de los 193 países que respaldó la aprobación de estos objetivos mundiales, y las labores que en este sentido ha desarrollado el país, desde el triunfo de la Revolución, evidencian el interés político que existe para fomentar el uso de este tipo de energías (Reve, 2016).

En noviembre de 1994 se funda la Sociedad Cubana para la promoción de las Fuentes Renovables de Energías y el Respeto Ambiental (CUBASOLAR), gestado por la Academia de Ciencias de Cuba y la Comisión Nacional de Energía, su órgano de referencia es el Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente. Esta sociedad se crea con el objetivo fundamental de contribuir al desarrollo de las actividades encaminadas al conocimiento y aprovechamiento de las fuentes renovables de energía en la solución de los problemas económicos y sociales del país. Su principal función es la elevación de la cultura energética y de respeto ambiental (CUBASOLAR, 2017).

En el presente año fueron aprobadas las bases del programa de desarrollo económico y social del país a largo plazo que, a decir del presidente cubano Raúl Castro, tiene como principios: "...mantener la propiedad social sobre los medios fundamentales de producción y forjar un modelo de desarrollo con eficiencia en todas las esferas, encaminado a asegurar bienestar, equidad y justicia social para los cubanos" (Reve, 2016).

1.8 Integración de las fuentes de energías en los municipios del mundo

Las primeras acciones relacionadas a la gestión energética local (GEL o GEM) datan de finales de los años 80 del siglo XX en Suecia, a partir del desarrollo de un modelo para la planificación energética en los municipios (Rodríguez, 2016; Wene & Rydén, 1988) con una importante

contribución a la mejora de la gestión de los gobiernos locales en cuanto al comportamiento de sus finanzas y la reducción de los impactos sobre el medio ambiente de la localidad. En la actualidad la gestión energética municipal en los países más desarrollados incluye el uso de herramientas en línea, la planificación futura a corto, mediano y largo plazo mediante la modelación y los estudios de escenarios, la implantación de ideas innovadoras y su socialización (Lim, 2012).

A partir de 1997 se identifican los primeros estudios en países en vía de desarrollo para crear una conciencia de las oportunidades de la GEL o GEM en el sector público, en naciones como Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, República Dominicana, Ecuador, Filipinas, Ghana, Corea, Malasia, México, Perú, Rusia, Sudáfrica y Tailandia. Teniendo como elementos comunes el establecimiento de metas, objetivos, auditorías energéticas de edificios públicos y la creación de comités de gestión de la energía (Páez, 2009).

Estudios hechos por varios actores han evidenciado las potencialidades de los gobiernos locales para desarrollar modelos energéticos, en búsqueda de una sostenibilidad energética, la utilización de las FRE y la independencia de la importación de petróleo.

A la ciudad de Dardesheim en Alemania se le conoce como «La Ciudad de la Energía Renovable». Esta es una pequeña ciudad alemana de menos de 1 000 habitantes. En el 2006, el gobierno municipal decidió otorgarle esta categoría. La ciudad comenzó en 1994 con cuatro instalaciones eólicas, una de 80 kW y tres aerogeneradores de 350 kW que producen un millón de KW.h, que es la energía anual necesaria para abastecer las viviendas privadas de la ciudad. La potencialidad eólica se incrementó con un parque 62 MW que produce 135 000 MWh, 45 veces más que la electricidad que consume la ciudad (3 millones de KW.h) y 15 veces más que las demandas energéticas (alrededor de 8 millones de kW.h de electricidad, incluyendo el calentamiento, la climatización, la refrigeración y el combustible de los vehículos). Existen nueve instalaciones fotovoltaicas que trabajan desde el 2005, produciendo la tercera parte de la electricidad residencial. Alrededor de diez colectores solares proporcionan agua caliente y variados sistemas térmicos sobre la base de biomasa.

Desde el 2005 dos empresas de vehículos automotores ofrecen el cambio de motores diésel por motores basados en aceite vegetal local (semilla de colza); además, el parque eólico posee

dos autos de servicio del parque que se mueven con aceite vegetal producido localmente, a los que se suman dos carros eléctricos que se abastecen con la electricidad del parque.

El objetivo general de la ciudad es que las energías técnicas de los casi 1 000 habitantes (electricidad, calor, frío y combustible para el transporte) sean proporcionadas por fuentes renovables de energía producidas regionalmente (potencia eólica, biomasa, energía solar e hidroacumuladoras).

Se ofertan regularmente paseos turísticos para visitantes regionales y nacionales, diputados, políticos, turistas interesados en las energías renovables y escuelas, así como asociaciones locales y regionales. Ello constituye una de las bases económicas de la comunidad, además de los numerosos empleos que se han fomentado. Numerosas son las actividades de capacitación y educación energéticas que allí se realizan.

La Universidad de Dardesheim está vinculada a un proyecto que convierte la calefacción convencional en calefacción a partir de la biomasa. El 100 % de energías renovables en Dardesheim no es una visión futura, sino una realidad. Si después de reducir la demanda, la zona o ciudad es capaz de autoabastecerse con fuentes renovables de energía, nos encontramos ante lo que hoy se denomina como «ciudad neutra o de cero energía». Esta proyección no está lejos de la realidad, y por el contrario, cada día son más y más las ciudades o regiones, que han establecido este objetivo energético a mediano y largo plazos (Moreno, 2016).

1.9 Potencialidades de las fuentes renovables de energías en los municipios del mundo

El desarrollo humano sostenible apunta a una formación para que se contamine cada vez menos, se tenga un ambiente más sano y se mejore la calidad de vida de todos los habitantes. En este plan cada ciudadano tiene un espacio de intervención, como también todas las áreas municipales. Se pondera el apoyo emprendedor que permite fabricar en las ciudades cocinas solares, colectores y luminarias, la instalación de la energía solar en espacios públicos, como también la creación de una campaña de sensibilización con fomento municipal.

1.9.1 Energías renovables como política de Estado

La Municipalidad de Venado Tuerto, una ciudad pionera de Chile, a través de la Dirección de Políticas para el Desarrollo Sustentable, ofreció sus experiencias en torno a las energías renovables, en el marco de una jornada organizada.

Según, MVT, (2016.), se comenzó con el diseño de un Plan Energético Local (PEL), instancia a través de la cual se puede trazar un horizonte que lleve a una aplicación correcta de los recursos naturales. Entre las premisas que se tuvieron en cuenta para la elaboración del PEL, se cuentan: la reducción de emisiones, el uso racional de la energía, la utilización de diversas fuentes, la modificación de la matriz energética y el fomento de una política de inversión y empleo, la optimización de recursos disponibles, el fomento en el uso de energías renovables y el dictado de normas regulatorias, sin obviar la formación, capacitación y divulgación en torno a las nuevas tecnologías. Se hizo referencia a los distintos convenios de cooperación celebrados por el Municipio, consolidando un entramado que alcanza a otros gobiernos de la región, entidades intermedias, empresas e instituciones educativas de diversos niveles.

1.10 Política del estado cubano para el uso de las fuentes renovables de energía

En el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030 se plantea que el Estado promoverá la eficiencia energética y el desarrollo de fuentes renovables de energía. En tal sentido, uno de los objetivos planteados en el documento refiere: “Garantizar un suministro energético confiable, diversificado, moderno, a precios competitivos y en condiciones de sostenibilidad ambiental, aumentando sustancialmente el porcentaje de participación de las fuentes renovables de energía en la matriz energética nacional, esencialmente de la biomasa, eólica y fotovoltaica”.

A propósito, la Cartera de Oportunidades de Inversión Extranjera presentada en 2015 plantea que la participación de la biomasa tiene prioridad para el país en el cambio de la matriz energética. “Con el objetivo de incrementar la venta de electricidad al Sistema Electroenergético Nacional, se ha estudiado y proyectado la instalación de 755 MW a través de 19 bioeléctricas en centrales azucareros, con mayores parámetros de presión y temperatura para operar por más de 200 días al año con biomasa cañera y biomasa forestal, fundamentalmente marabú, disponible en áreas cercanas a estas instalaciones. Se prevé que las 19 bioeléctricas

produzcan más de 1900 GW.h /año, y dejen de emitir a la atmósfera aproximadamente 1 700 000 toneladas de CO₂”.

Con respecto al recurso eólico, el documento refiere que a partir de su disponibilidad en el país, la Unión Eléctrica ha estudiado y previsto la instalación de 633 MW en 13 parques eólicos, con factores de capacidad superiores al 30 %, con lo que se producirán más de 1000 GWh/año y se evitará la emisión de más de unas 900 000 toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera.

Relacionado con las fuentes de energía fotovoltaicas, la referida Cartera, indica que el país cuenta con una planta productora de paneles solares fotovoltaicos de 150 y 240 W, ubicada en Pinar del Río, con una capacidad de producción anual de 14 MW.

Si bien en la actualidad la utilización de estas fuentes es reducida, pues con ella solo se produce el 4,3 % de la electricidad del país, el gobierno impulsa estrategias de inversiones para incrementar su uso, con lo que se propone para el año 2030, que el 24 % de la generación energética provenga de fuentes renovables.

Especialistas y funcionarios del ministerio de Energía y Minas confirmaron la necesidad del país de transformar su matriz energética en lo cual resulta muy conveniente la participación de la inversión extranjera, teniendo en cuenta el favorable marco regulatorio que ofrece la Ley 118 aprobada en marzo de 2014 y la voluntad del Gobierno para impulsar esa esfera. Se considera primordial el empleo de las Fuentes Renovables de Energía (FRE) en su afán de contribuir a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, en correspondencia con los compromisos pactados en los acuerdos internacionales sobre el cambio climático.

En septiembre de 2016, el director de Energía Renovable del Ministerio cubano de Energía y Minas, Rosell Guerra Campaña, en una Cumbre internacional recién efectuada en La Habana, se refirió a la política aprobada para el desarrollo de las FRE y la eficiencia energética, como una de las prioridades en el proceso de actualización del modelo económico cubano, y cuya meta para 2030 es lograr un 24 % de participación de dichas fuentes en la producción de electricidad del país.

Rosell Guerra subrayó que el problema principal en la esfera energética en Cuba es el alto volumen de dependencia de los combustibles fósiles (el 94 % de la energía eléctrica se

produce con estos y es la causa fundamental del alto costo del kilowatt/hora que se obtiene en el país). Desde luego, el país está obligado a reducir el costo de la energía para que las producciones y servicios sean realmente competitivos en la región y el mundo.

1.10.1 Política aprobada en 2014

Los problemas energéticos fundamentales en Cuba son; la alta dependencia de combustibles importados, el elevado costo promedio de la energía entregada, la fuerte contaminación ambiental y la baja utilización de las fuentes renovables de energía (FRE) a ello se le adiciona el aumento del consumo eléctrico promedio de los hogares de 140,2 kW.h en 2005 a 172,2 kW.h en el 2014, para un incremento del 22,8%.

A pesar de las medidas adoptadas fue necesario crear en 2012 una comisión multidisciplinaria encargada de diseñar la política para el desarrollo prospectivo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía que permitiera una transformación a fondo de la matriz energética. Los análisis realizados se dirigieron a continuar desarrollando la producción petrolera nacional y a incrementar la seguridad energética disminuyendo la dependencia externa en los portadores energéticos (Rodríguez, 2014).

En diciembre de 2012 se creó por decreto presidencial una comisión gubernamental para elaborar la política de desarrollo de las FRE en el periodo 2014-2030. El ambicioso programa proyecta la construcción de 13 parques eólicos con una capacidad de generación de 633 megavatios, 19 plantas bioeléctricas con capacidad de 755 megavatios y la generación de 700 megavatios a partir de paneles solares fotovoltaicos, de las cuales ya hay instalados más de 20 megavatios, tal como se puede apreciar detalladamente en la figura 1.6 el plan de ahorro energético y uso de energías renovables en el país y sus perspectivas hacia el año 2030.

Según (Rodríguez, 2014), Cuba multiplicara por seis su producción actual de energía, acción impostergable dado que la generación del país depende altamente de la quema de combustibles fósiles, preocupa el alto costo que demanda y simultáneamente el elevado costo de energía que se entrega a los consumidores.

El programa de desarrollo de las fuentes renovables de energía en Cuba está proyectado en su totalidad para que produzca 2100 megavatios, y para ello se requiere una inversión de tres 3700 millones de dólares.

En Cuba existen 22 pequeñas centrales hidroeléctricas y se construirán otras 74. Igualmente, divulga que en el país se explotan en la actualidad 1818 digestores de biogás, pero se estima la instalación de 8700 nuevas plantas de ese tipo.

Sobre el sector residencial cubano, se señaló que en el 2015 existían 74 478 viviendas que no reciben servicio eléctrico, todas ubicadas en zonas montañosas de difícil acceso, lo que representa el 1,9 por ciento de las residencias del país. Entre los planes dirigidos al sector residencial se encuentra la sustitución de 13 millones lámparas fluorescentes en los hogares y 250 000 luminarias fluorescentes para el alumbrado público por lámparas de tecnología LED; así como la introducción de las cocinas de inducción (Rodríguez, 2014)

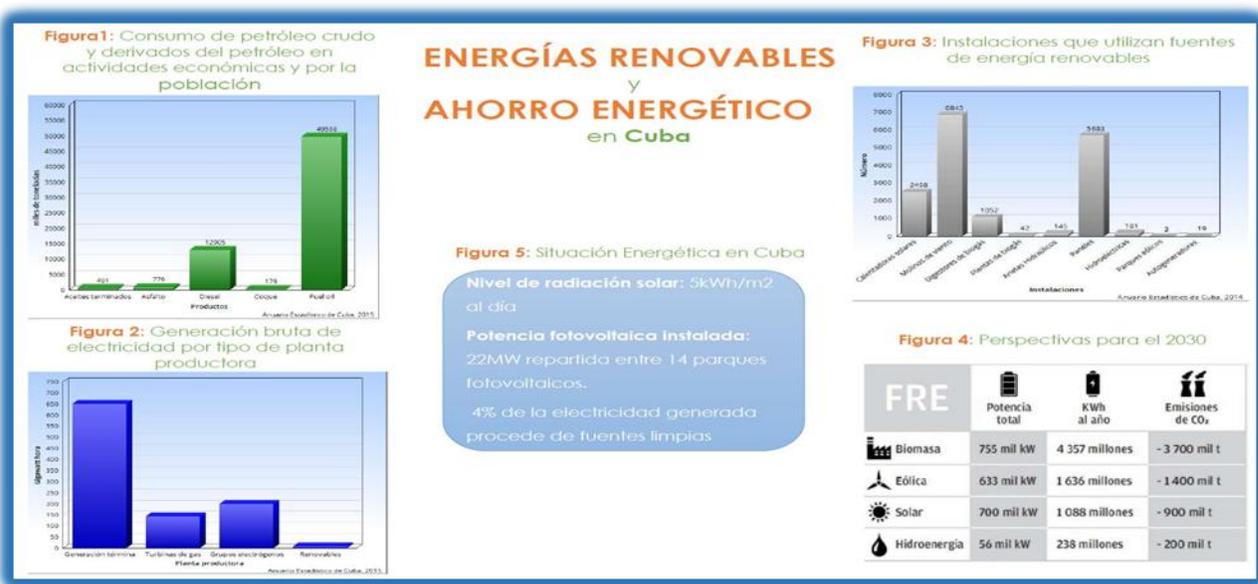


Figura 1.7: Plan de ahorro energético y uso de energías renovables en cuba. Perspectiva 2030. **Fuente:** Moreno (2016).

1.11 Potencial energético para las fuentes renovables de energía en Cuba

El país alcanza un 99,2 % en el nivel de electrificación, cerca del 98 % lo suministra el Sistema electro energético Nacional y el resto responde a las FRE, sobre todo en zonas apartadas o montañosas donde se emplean paneles solares fotovoltaicos.

Se remarca la alta dependencia de la importación de combustibles fósiles como uno de los más graves problemas de la economía. La Isla produce cuatro millones de toneladas de petróleo y gas al año que se destinan principalmente a la generación eléctrica, y solo cubre un 50 % del consumo del país.

Sin embargo, Cuba cuenta con un abundante potencial en FRE , la energía solar (pues la Isla tiene una elevada radiación durante todo el año, que le permite la aplicación de tecnologías fotovoltaicas y térmicas), una producción cañera en crecimiento que posibilita al país el uso más eficiente del bagazo residual como combustible complementado con el desarrollo de la biomasa forestal y los residuos de cosechas agrícolas, un potencial eólico significativo (sobre todo en la zona oriental del país) , uso creciente de las tecnologías para obtener biogás a partir de las excretas de animales y otras para la valoración de los residuos sólidos urbanos. El potencial hidroenergético en presas y embalses que se ubican en 232 sitios, con una potencia energética estimada de 97,43 MW, no está en explotación. El país debe trabajar para comenzar la producción de pico turbinas hidráulicas (menos de 1 kW), dirigidas a suministrar electricidad a viviendas aisladas, así como al desarrollo y asimilación de turbinas hidráulicas de flujo variable y alta eficiencia, dirigidas al aprovechamiento de presas con baja carga, como son las destinadas al riego agrícola. Existe otro potencial hidroenergético disponible para la generación de energía no empleado aún en ríos, canales y trasvases, así como en las conductoras de agua que existen en el país (Reve, 2016).

El potencial eólico cubano fue determinado en el Mapa Eólico, elaborado en 2006 a partir de 49 estaciones meteorológicas. El resultado fue que a una altura promedio del viento a 50 metros, el potencial eólico total se ubica entre 4 000 y 12 000 MW, incluyendo zonas costeras, espacios interiores, regiones montañosas y las pequeñas islas o cayos alrededor de la isla mayor. Según, Moreno (2016), entre 2005 y 2010 se realizaron mediciones del viento en prácticamente todo el país, lo que constituyó una prospección intensiva del recurso. Se pudo caracterizar con

mayor precisión el potencial eólico técnicamente instalable. Esto permitió precisar que existen 21 zonas en la costa norte de la isla, en la zona oriental, que son las más ventajosas para la instalación de parques eólicos. Si se suman las potencialidades de esas 21 zonas, el total arroja que el potencial técnicamente instalable es de 1100 MW hasta el día de hoy. Si se instalaran estos 1 100 MW la generación de electricidad alcanzaría 2 500 GW.h. Este potencial puede ser mayor si se continúa la prospección del recurso aumentando el número de estaciones de medición, elevando la altura de las torres de medición hasta 100 metros y sobre todo extendiendo el tiempo de medición para que los estimados sean más precisos. Zonas del centro y el occidente del país, que son prometedoras, deben investigarse.

Por lo que se espera que en el país se multiplique por seis el uso de las fuentes renovables de energía para 2030 cuando prevé lograr un 24 % de la participación de las mismas en su esquema para producir electricidad (Camacho, 2016). Hasta el segundo semestre de 2016, Cuba ya contaba con una capacidad total instalada de unos once millones de Watt en sistemas de energía eólica (Reve, 2016).

En Cuba, la radiación solar fotovoltaica alcanza unos 5 kW.h/m² diarios (1 825 kW.h/m² al año), distribuida en todo el territorio nacional, por lo que se califica de buena comparada con otras regiones como europea en las que esta fuente tiene un alto nivel de aplicación. Hasta el momento se han instalado unos 3 MW, básicamente en sistemas aislados, resolviendo necesidades sociales en zonas remotas, donde más de 9 000 instalaciones prestan estos servicios con una alta repercusión social.

Estas tecnologías se prevén para un ciclo de vida útil de 25 años, generando electricidad de forma eficiente, con capacidad para aprovechar el potencial solar disponible en todo el territorio, pudiendo aportar durante el ciclo de vida útil por cada MW de potencia un total de 38 750 MWh, que representa un ahorro de más de 2,5 millones de USD solo por concepto de combustible, dejando de emitir 127 875 toneladas de CO₂ a la atmósfera. Se ha demostrado que el costo del KW.h fotovoltaico es menor que el kW.h producido con combustibles fósiles, de acuerdo con los precios actuales de estos últimos (Moreno, 2016).

Según estimados de especialistas cubanos en el tema, con 100 km² se pudieran generar 15 000 GW.h/año, lo que se iguala con la generación actual a base de combustibles

convencionales. Estas instalaciones pudieran ubicarse en terrenos, techos, cubiertas, bordes de autopistas, etcétera. En la actualidad, solo el 4 por ciento de la energía que se emplea en Cuba es renovable, y de esa cifra un 0,2% procede de la energía solar fotovoltaica, de acuerdo con datos ofrecidos en la Primera Reunión Cumbre para la Inversión Energética en Cubasolar (Reve, 2016).

Cuanto a la energía solar térmica, como se mencionó anteriormente, sobre cada metro cuadrado de suelo cubano inciden 5 kW.h diarios. El consumo de agua caliente de una vivienda cubana es de 80-100 L a 45 °C diarios, para lo que se requiere una energía eléctrica que es menor de 3 KW.h, por lo que la energía solar incidente por metro cuadrado es superior a este valor. Por tanto, este gasto de electricidad se puede satisfacer con un metro cuadrado de colector solar. Por otra parte, el empleo del agua caliente solar en instalaciones industriales y turísticas traería ahorros apreciables de electricidad y otros portadores no renovables de energía.

Un gran potencial en el empleo de las FRE es la Biomasa, la introducción de la caña energética y el marabú como fuente de energía, además de un correcto uso de la biomasa forestal disponible como combustible para la generación y calor en la industria representaría una disminución considerable del uso de los combustibles fósiles en la generación de electricidad.

La gasificación en pequeñas y medianas centrales de generación de electricidad a partir de los desechos forestales, residuales de aserríos e industrias de beneficio de las cosechas del arroz, coco y café representan otro potencial aún no explotado totalmente en el país.

El gas metano que emiten los vertederos existentes en el territorio nacional y su aprovechamiento en la generación de electricidad, es un portador energético aún no aprovechado en su totalidad. Los vertederos de las grandes ciudades como Santiago de Cuba, Matanzas, Camagüey, Cienfuegos, Holguín y Guanabacoa, necesitan de inversiones que los pongan en explotación.

1.12 Uso de fuentes renovables de energías en los municipios de Cuba

El uso de la hidroenergía como fuente de generación de electricidad, en Cuba, data de principios del siglo XX, cuando se pusieron en explotación pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, entre los que figuran la pequeña central hidroeléctrica del Guaso, en Guantánamo, con una potencia de 1 800 kW; la Hidroeléctrica de San Blas, en Cienfuegos, con 2 000 kW; la de Piloto, con 295 kW y en San Vicente, con 71 kW, ambas en Pinar del Río, y Barranca, en Granma, con 200 kW; todas en operación. En la actualidad operan 180 instalaciones hidroeléctricas: 1 central hidroeléctrica, 7 pequeñas centrales hidroeléctricas, 35 mini hidroeléctricas y 137 micro hidroeléctricas. La capacidad instalada total es de 62,22 MW, con una producción de energía eléctrica de 149,5 millones de KW.h/año.

En la provincia de Cienfuegos, se encuentra el parque fotovoltaico en el municipio de Palmira, ejecutado por fuerzas pertenecientes a la Empresa de Obras de Arquitectura que (ECO-37). La instalación, financiada por la Empresa Desarrolladora de Inversiones de Fuentes Renovables y Energía, cuenta con 14 400 paneles solares y posee una capacidad de 3,6 MW en el horario de mayor radiación solar. Con un costo de más de 10 millones de pesos, es la de mayor capacidad generadora instalada en dicha provincia y, se suma a las ya existentes en Cantarrana y Cruces, para entregar entre las tres más de 9 MW al Sistema Electroenergético Nacional (SEN). Por otro lado, a tan solo 26 km del centro de la ciudad, ya en la mitad de su ejecución, está el parque solar fotovoltaico El Pino, tutoradas por las mismas empresas. La pequeña central solar, ubicada en áreas cercanas a la cabecera municipal de Rodas, es erigida a un costo de seis millones 540 000 pesos, moneda total, con una capacidad generadora de 2,2 MW, dispone de 3 520 cimientos, 880 mesas y 8 800 paneles. Con estas instalaciones la capacidad total de la provincia por este concepto será de 11,4 MW de entrega al Sistema Electro energético Nacional tal como se muestra en la tabla resumen a continuación.

Tabla 1.1: Resumen de las centrales solar fotovoltaicas de la provincia de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

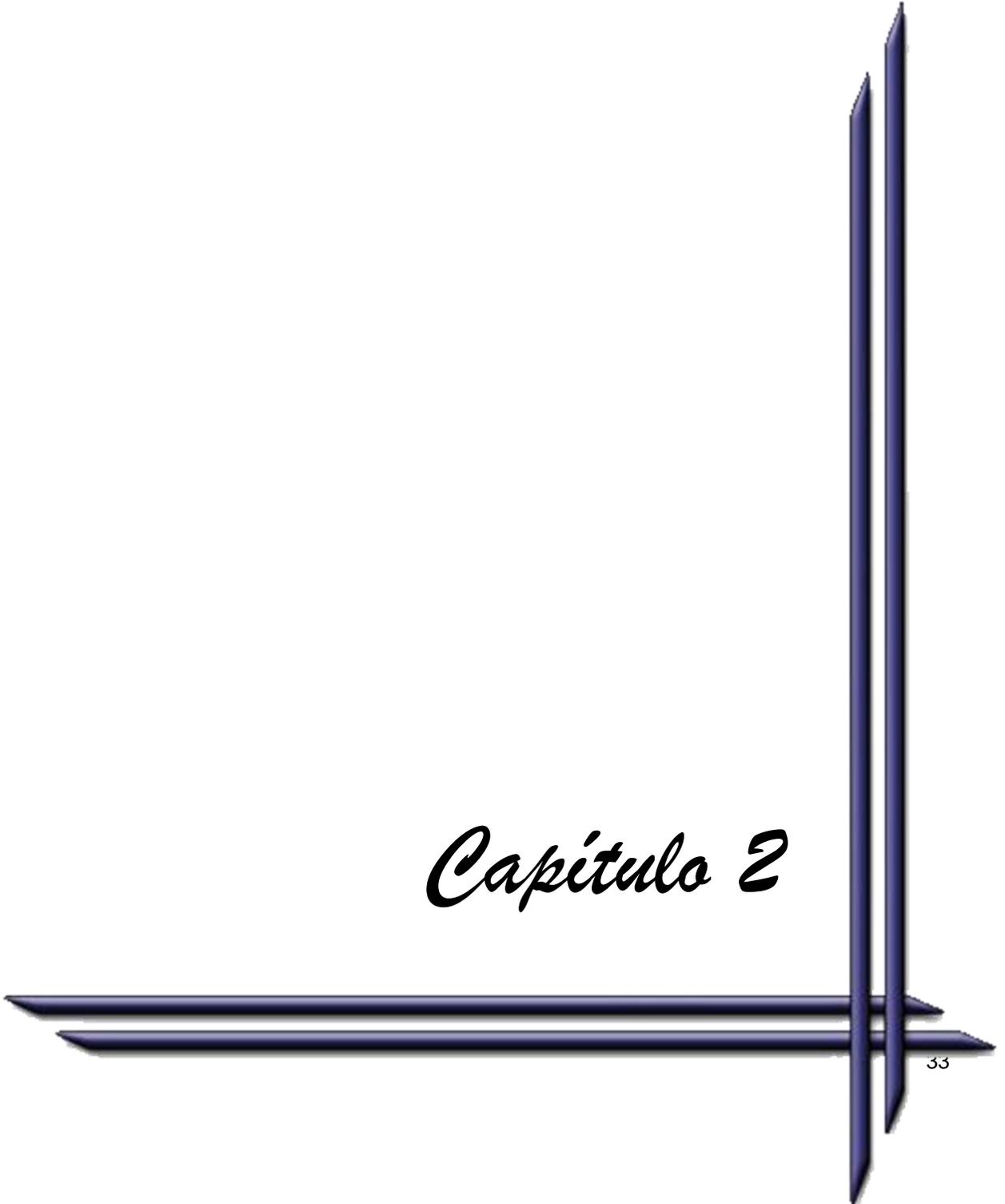
Central Solar Fotovoltaico	Costo de inversión (millones de pesos)	Capacidad de generación (MW)	Total al SEN (MW)	Provincia
Cantarranas		2.6	11.4	Cienfuegos
Cruces		3.0		Cienfuegos
Palmira	10 000	3.6		Cienfuegos
Rodas	540 000	2.2		Cienfuegos

Se prevé hacia el 2030 haber alcanzado los 50 MW de generación fotovoltaica en una provincia donde se edificarán además otras dos instalaciones de este tipo en los municipios de Aguada de Pasajeros y Rodas, como parte de la decidida apuesta por la energía renovable establecida en el territorio (Fernández & R. Digital, 2015; Molina, 2016).

1.13 Conclusiones parciales del capítulo

1. En mundo la utilización de las FRE es notable y ha sido un recurso para la mejora de la eficiencia y eficacia en la generación y distribución de la electricidad en las comunidades, la reducción de los altos costos de generación por medio de fuentes convencionales, la reducción de los altos consumos y gastos económicos, así como de los impactos negativos en la atmosfera o sobre el medio ambiente.
2. Las energías renovables se presentan como una alternativa clara frente a las energías convencionales en todo el proceso constructivo. Son imprescindibles para el desarrollo sostenible de cualquier sociedad en consonancia con las características del entorno, facilitan en crecimiento socio- económico y la protección del medio ambiente

Capítulo 2



Capítulo II: Análisis de la Gestión energética en Municipio de Cienfuegos

2.1 Introducción

En ese capítulo se realiza la caracterización energética de Cuba, de la provincia de Cienfuegos y del municipio de Cienfuegos, teniendo en consideración la información estadística de la Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI) en Cuba y las investigaciones realizadas en esta temática en el municipio objeto de estudio.

2.2 Caracterización energética de Cuba

Con una población estimada en 11 238 317 habitantes que se encuentran asentadas en 15 provincias y 168 municipios, la mayor isla del archipiélago (con 109 884,01 km², con la situación geográfica de los 19°49' y los 23°16' de latitud Norte y los 74°08' y los 84°57' de longitud Oeste, del meridiano de Greenwich; ubicándola al Norte del Mar Caribe y al Sur del Trópico de Cáncer), según la Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI), la realización de la caracterización de la esfera energética considera el consumo, la generación y la importación de energía.

En Cuba, los consumos de energía abarcan todos los sectores de la economía nacional conteniendo el privado y los hogares; incluyéndose además dentro del consumo lo adquirido por naves y aeronaves cubanas en tránsito internacional (ONEI, 2015). EL consumo de electricidad registrado por todos los sectores de la economía (incluyendo privado) y con independencia de la fuente de origen (servicio público o autoprodutores) de Cuba comprende el insumo en generación y las pérdidas por lo que, el consumo total resulta igual a la generación bruta total del país.

2.2.1 Generación de energía en Cuba

La generación es la producción de la electricidad a través de fuentes de energía primaria o secundaria. Según, la edición de 2016 del anuario estadístico de Cuba 2015, la producción nacional de energía primaria, se refiere al proceso de extracción, captación o producción (siempre que no conlleve transformaciones energéticas) de portadores energéticos naturales (o primarios), independientemente de sus características (ONEI, 2016a).

Los portadores energéticos naturales o primarios son aquellos “provistos por la naturaleza”, ya sea en forma directa, como la energía hidráulica, eólica y solar, o después de atravesar un proceso minero, como el petróleo, el gas natural, el carbón mineral, los minerales fusionables y

la geotermia, o a través de la fotosíntesis, como es el caso de la leña y los otros combustibles vegetales y de origen animal (ONEI, 2016a).

La producción de energía secundaria, resulta de las transformaciones de los productos o elaboraciones a partir de portadores energéticos naturales, portadores elaborados o secundarios (o en determinados casos a partir de otro portador ya elaborado). Son portadores energéticos elaborados la electricidad, toda la amplia gama de derivados del petróleo (asfalto, coque de petróleo y gas de refinería, diésel, fuel oíl, gas licuado), el carbón vegetal, el alcohol desnaturalizado y el gas manufacturado o gas de ciudad (ONEI, 2016a). En las figuras 2.1 y 2.2 se muestran a continuación la clasificación de la producción de energía primaria y secundaria en Cuba y su comportamiento productivo durante las últimas décadas.

En la Tabla 2.1 se muestran los portadores naturales (primario), los elaborados (secundario) y los principales productos derivados del petróleo que se obtienen a partir de su procesamiento en las refinerías (ONEI, 2016a).

Tabla 2.1: Portadores naturales y principales productos que se obtienen en Cuba. **Fuente:** Elaboración propia.

Portadores naturales	Portadores elaborados	Principales productos	
<ul style="list-style-type: none"> • Petróleo • Gas natural • Hidroenergía • Leña • Productos de caña (bagazo) 	<ul style="list-style-type: none"> • Electricidad • Derivados del petróleo • Carbón vegetal • Alcohol desnaturalizado • Gas manufacturado (Gas de ciudad). 	<ul style="list-style-type: none"> • Asfaltos • Coque de petróleo y gas de refinería • Diésel • Fuel oíl • Gas licuado (GLP) 	<ul style="list-style-type: none"> • Gasolinas y nafta (distintos tipos) • Queroseno • Solventes • Turbo combustible

El comportamiento de la producción de energía primaria y secundaria en Cuba en el período 1990-2015 ha experimentado cambios significativos y muy variables en el tiempo. Se obtiene descenso en los primeros 3 años e irrelevantes ascensos en los restantes, sin embargo como se puede observar en la figura 2.1 a pesar de muchos cambios (oscilaciones o inestabilidad) se obtiene mayor producción de energía primaria en el año 2002 mientras que la energía secundaria tiene un ascenso pico en 2013 debido a los antecedentes programas de Revolución

energética, donde se instrumentaron y aplicaron los programas de ahorro y uso eficiente de la energía, incremento de la disponibilidad eléctrica y uso de las fuentes renovables de energía (Correa, 2011). Tal como se ilustra en la figura y por los datos obtenidos desde la ONEI, en 2015 la producción de energía secundaria ya supera la producción de energía primaria en una diferencia de 5460.8 a 5481.6 Mtcc (ONEI, 2016a).

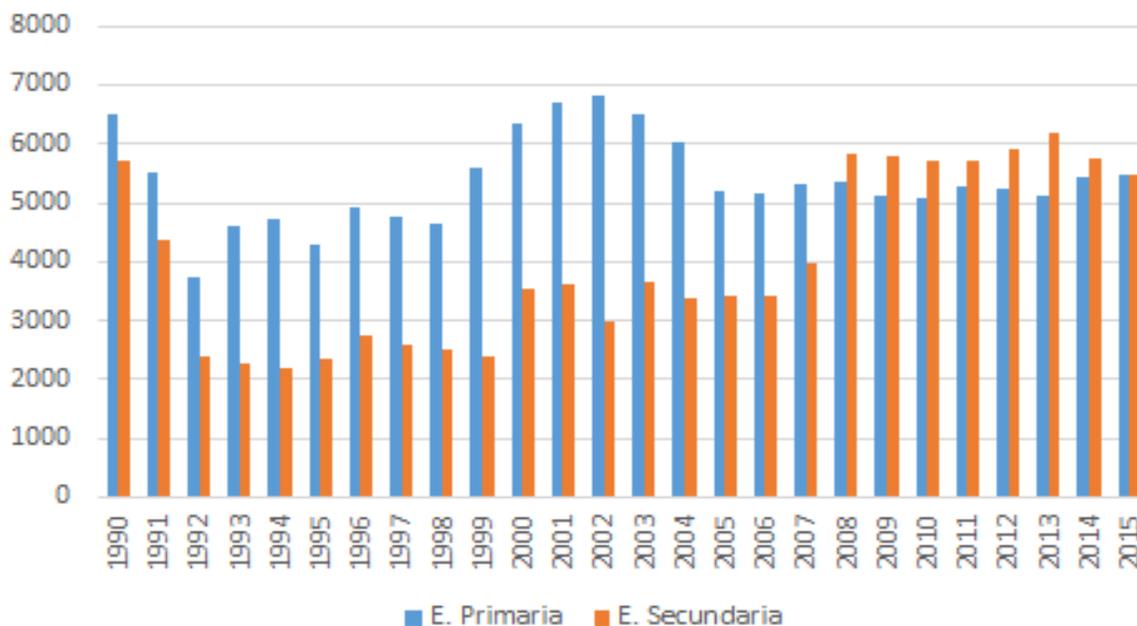


Figura 2.1: Producción de energía primaria y secundaria en Cuba. **Fuente:** Elaboración propia.

En Cuba se produce más energía secundaria con la electricidad manteniéndose la misma de forma creciente, seguida de los derivados del petróleo la cual decae en el 2013. El gas manufacturado ha tenido variaciones que no son significativas, el alcohol desnaturalizado disminuye su producción, el carbón vegetal sufre variaciones importantes con una tendencia a aumentar y los GWh en producción de electricidad han aumentado significativamente en los últimos años.

Al realizar un análisis del comportamiento de los portadores energéticos naturales se evidencia que el bagazo, el gas natural y los productos de caña tienen una tendencia al aumento, mientras que la generación de energía por la leña y la hidroenergía evidencia comportamientos decrecientes en los periodos 2013- 2015.

La generación bruta de energía eléctrica en Cuba incluye el insumo, de todas las plantas eléctricas de servicio público o de instalaciones generadoras de otros productores, las plantas de servicio público son aquellas cuyo objetivo es la producción, transmisión, venta en bloque o comercialización de la electricidad, los autoprodutores son entidades que producen electricidad

como subproducto de otra actividad, con el objetivo de cubrir su propio consumo. En lo fundamental son plantas diseñadas para la cogeneración pertenecientes a entidades del sector industrial, el mayor auto productor de electricidad es la industria del azúcar a partir del bagazo de caña (ONEI, 2016a).

En Cuba la mayor generación bruta de energía eléctrica por fuente productora está dada por las empresas de servicio público, le sigue la industria azucarera y luego la industria del níquel como se puede ver en la Figura 2.2.

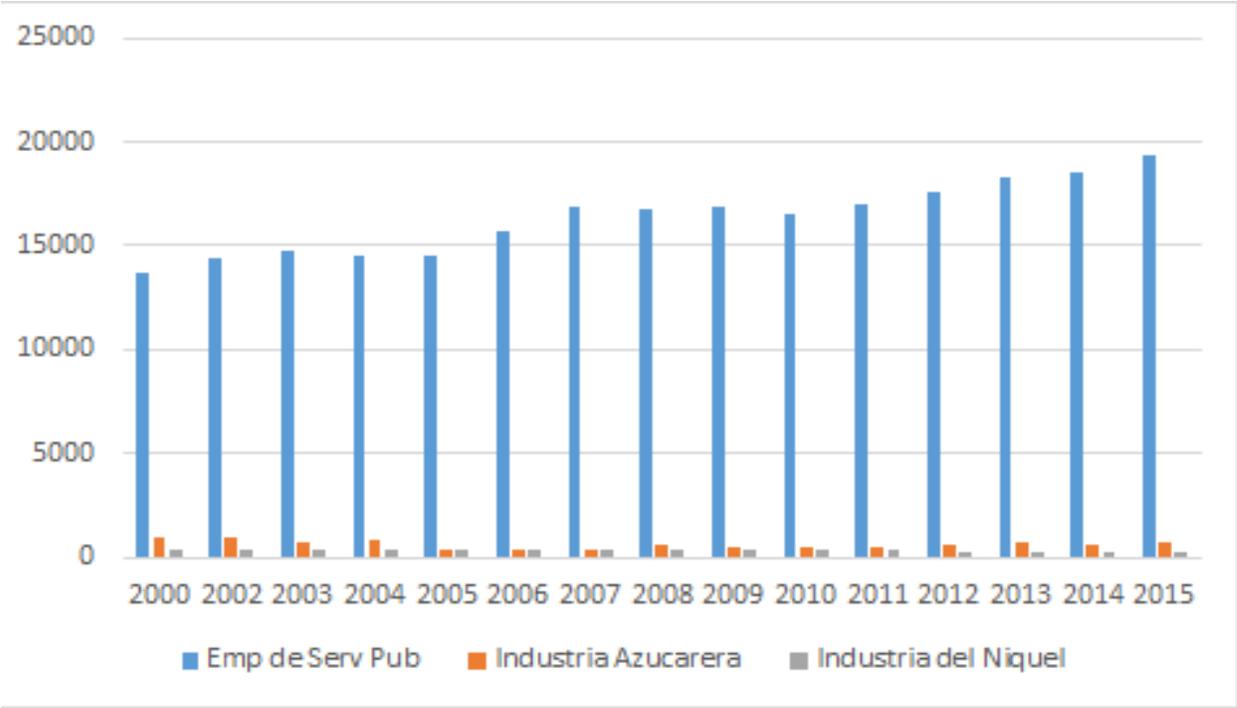


Figura 2.2: Generación bruta de energía eléctrica. **Fuente:** Elaboración propia.

La importación de los productos energéticos ya sean primarios como secundarios, presentan variaciones significativas. El petróleo tiene una tendencia creciente hasta el año 2009 y posteriormente se logra una ligera reducción en la importación de la misma hasta el año 2014, mientras que sus derivados tienen una tendencia general decreciente a partir del año 2010, sin embargo en el año 2014 vuelve a presentar un ligero crecimiento tal como se ilustra en la figura 2.3 a continuación.

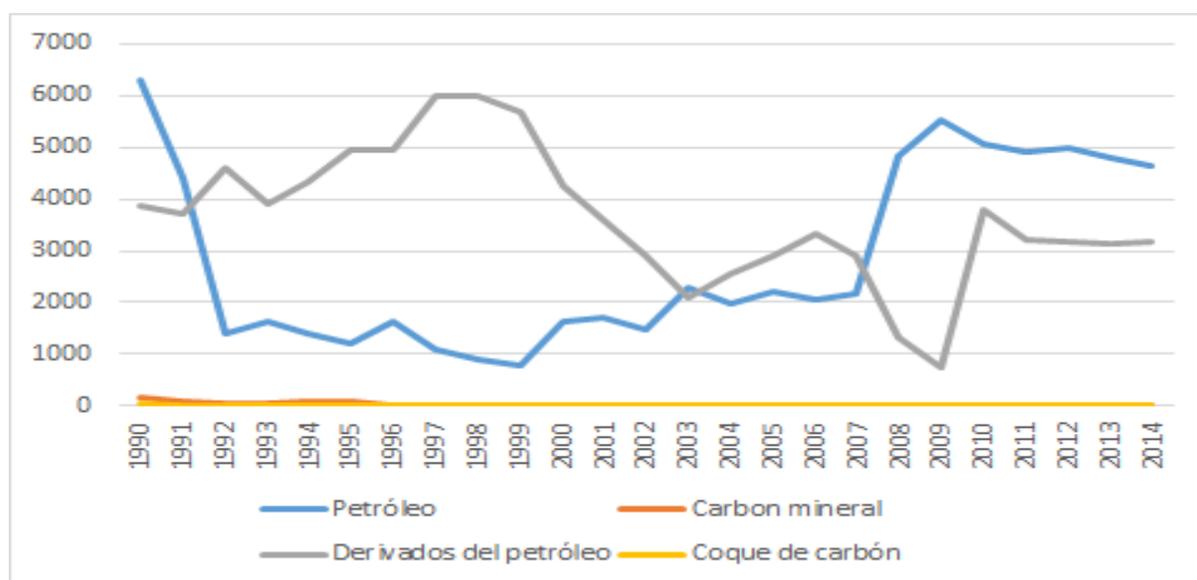


Figura 2.3: Importación de productos energéticos. **Fuente:** Elaboración propia.

A pesar de todos los esfuerzos que el país sigue emprendiendo para la diversificación y cambio de su matriz energética, la verdad es que la dependencia hacia el petróleo aun es notable (ONEI, 2016a).

2.2.2 Consumo de energía en Cuba

Se refiere al consumo total (o consumo bruto) con independencia del uso al cual se destinan; es decir, están incluidos las cantidades utilizadas propiamente para obtener energía (uso energético final), las utilizadas para ser transformadas en otros combustibles (uso en transformación) y las que se emplean con fines no energéticos. Contienen, excepto en la electricidad las pérdidas en transportación y almacenaje. Los consumos abarcan todos los sectores de la economía nacional incluyendo el privado y los hogares (ONEI, 2016a).

Según los datos de la ONEI 2016, el consumo de energía eléctrica en los sectores estatales y privado muestran un crecimiento con respecto a los años anteriores y los pronósticos indican que en el sector privado el consumo tiende a incrementarse cada vez más. Se puede comprobar dicho planteamiento en los resultados que se muestran a continuación en la tabla resume 2.2 donde se evidencia una variación creciente del consumo de energía desde el año 2013 hasta 2015.

Tabla 2.2: Consumo energético. **Fuente:** Elaboración propia.

Concepto	2013 GWh	2014 GWh	% 13/14	2015 GWh	% 14/15
Consumo	19156,4	19366,1	1,09	20288,0	4,76
Sector estatal	8493,3	8399,1	-1,11	8684,5	3,34
Sector Privado	7736,2	8 005,7	3,48	8468,3	5,78
Pérdidas	2926,9	2961,3	1,17	3135,2	5,87
otros	2651,0	2835,1	6,94	2985,0	5,29

En la Figura 2.4 se resume el comportamiento (%) que ha tenido el consumo energético en los años 2014 y 2015.

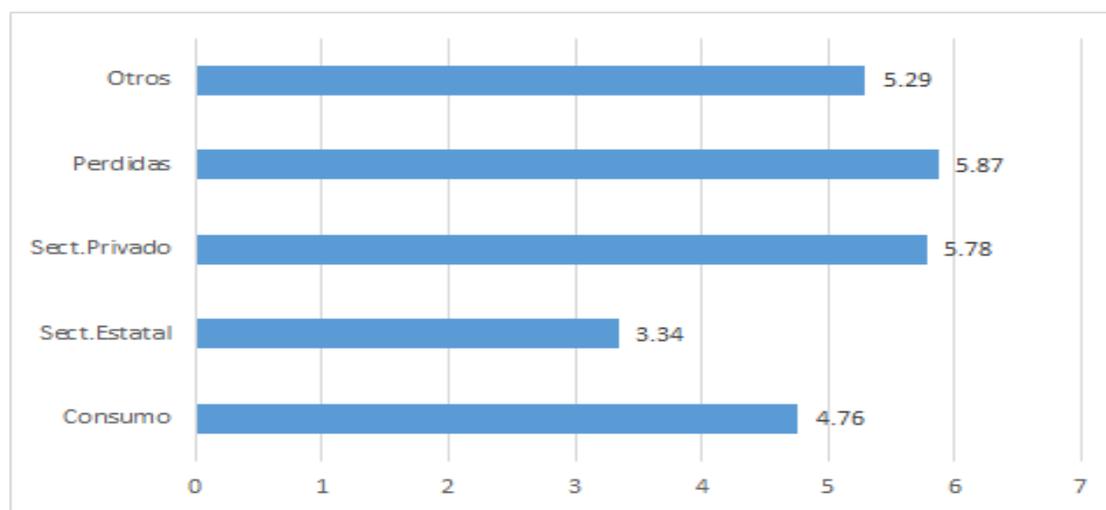


Figura 2.4: Porcentaje del Consumo energético por sector y pérdidas. **Fuente:** Elaboración propia.

Por otra parte cuando se refiera al consumo específico de combustible (base 10 000 kcal/kg), significa el consumo de combustible por unidad de energía eléctrica generada en las empresas de servicio público, considerando todos los combustibles utilizados en esta producción. En la tabla 2.3 a continuación se muestra la variación del consumo de combustible convencional por kilowatt/h entre los años 2013 y 2014 (ONEI, 2016a).

Tabla 2.3: Consumo de combustible por unidad de energía eléctrica generada en las empresas de servicio público. **Fuente:** Elaboración propia.

Gramo de combustible convencional por kilowatt hora						
Año	Total	Termoeléctricas	Turbinas de gas	Diesel	Aisladas	Tecnología nueva
2013	262,5	277,8	449,8	219,2	227,5	218,3
2014	257,8	272,1	538,8	218,3	227,9	218,1

En la Figura 2.5 se muestra el comportamiento del consumo específico de combustible en las empresas de servicio público entre los años 2013 a 2014.

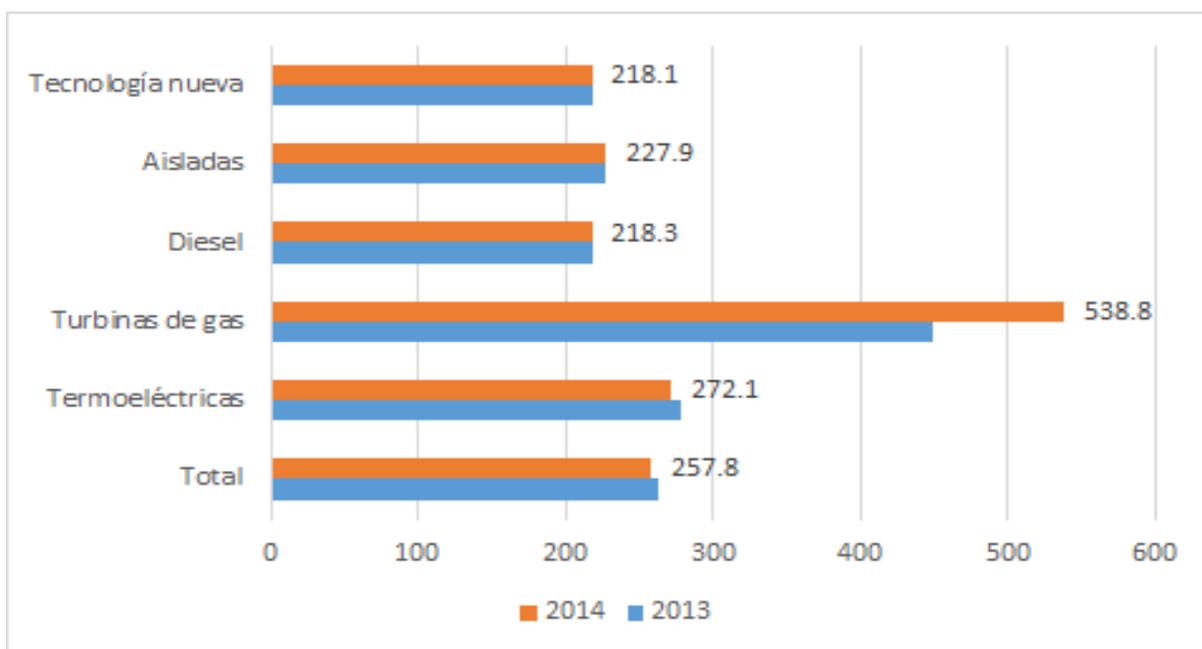


Figura 2.5: Consumo específico de combustible en las empresas de servicio público. **Fuente:** Elaboración propia.

El consumo de energía eléctrica, se refiere al consumo de electricidad registrado por todos los sectores de la economía (incluyendo privado) y con independencia de la fuente de origen (servicio público o autoprodutores). Comprende también el insumo en generación y las pérdidas por lo que, el consumo total resulta igual a la generación bruta total del país (ONEI, 2016a).

Como ya se había referido anteriormente, en Cuba el consumo de electricidad en el sector privado muestra una tendencia al crecimiento constante en relación al consumo en el sector público (estatal), aunque en año 2015 el sector publico volvió a presentar un aumento de 3 % con respecto al año 2014. En la Figura 2.6 se ilustra el consumo eléctrico acumulado desde

el año 2000 hasta el año 2015 en los sectores residencial y estatal, como evidencia de lo anteriormente expuesto.

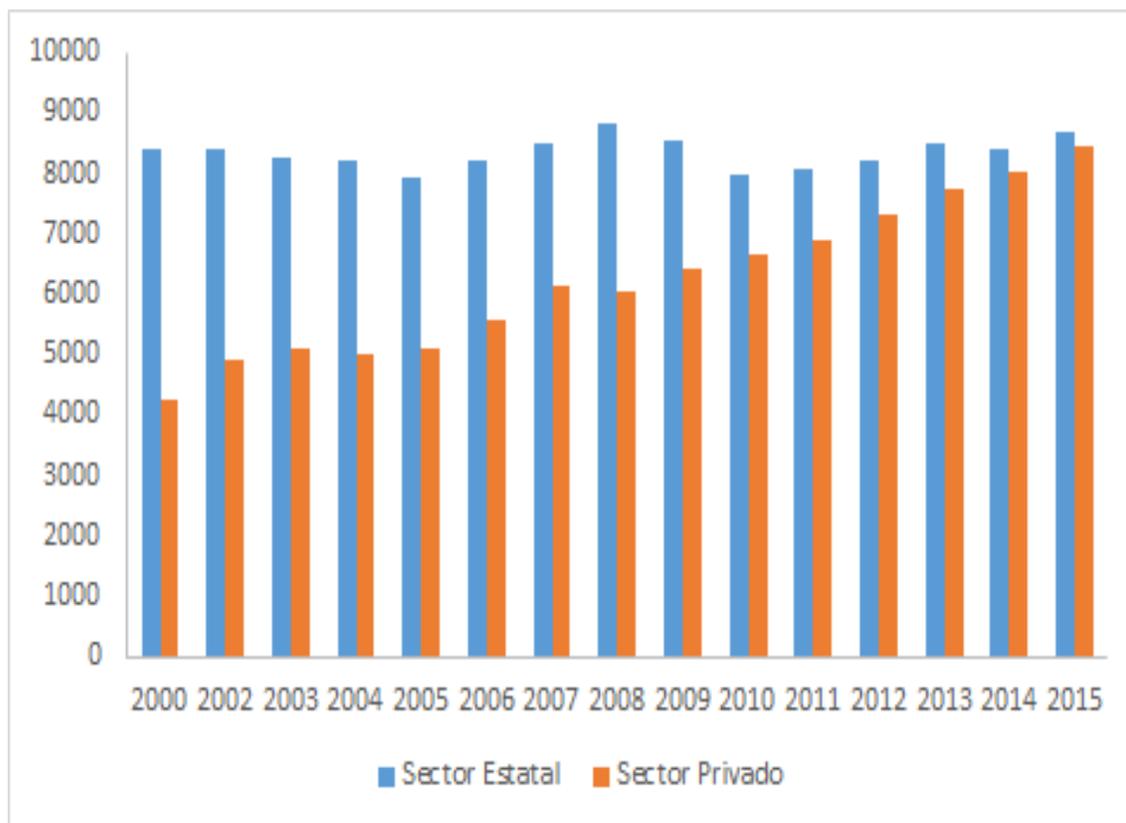


Figura 2.6: Consumo acumulado de energía eléctrica por años. **Fuente:** Elaboración Propia.

En la Tabla 2.4 se expone el consumo de energía en los hogares en los años 2014 y 2015, donde no se registran datos del comportamiento del petróleo y del queroseno en el último año, sin embargo como se puede apreciar, hay un crecimiento en el consumo de electricidad en este mismo año en comparación con el anterior.

Tabla 2.4: Consumo de energía en los hogares. **Fuente:** Elaboración propia.

Año	Leña (Mm3)	Electricidad (MWh)	Petróleo (Mt)	Queroseno (Mt)	Alcohol Desnaturalizado (Mhl)	Gas manufacturador (MMm3)	Carbón Vegetal (Mt)
2014	20,8	8005,7	70,0	80,5	183,5	128,7	15,3
2015	18,9	8468,3	176,0	123,2	9,4

2.3 Caracterización energética de la provincia de Cienfuegos.

La provincia Cienfuegos es la tercera más pequeña de Cuba, tiene una extensión superficial de 4 188,61km² y una población residente que asciende los 405 823 habitantes. Se encuentra situada en el centro-sur del país entre las coordenadas 21° 21' y 22° 35' de latitud Norte y 80° 20' y 81° 10' de longitud Oeste. Limita al Norte con los municipios de Ranchuelo y Santo Domingo (provincia de Villa Clara) y con los municipios Calimete y Los Arabos (provincia de Matanzas), al Este con el municipio de Manicaragua (provincia de Villa Clara) y con el municipio de Trinidad (provincia de Sancti Spíritus) al Sur limita con el Mar Caribe y al Oeste con los municipios Ciénaga de Zapata y Calimete de la provincia de Matanzas. Se encuentra conformada por ocho municipios: Aguada de Pasajeros, Rodas, Palmira, Lajas, Cruces, Cumanayagua, Cienfuegos y Abreus (Rodríguez, 2016).

2.3.1 Generación de energía en la provincia de Cienfuegos

En Cienfuegos se encuentra enclavada la Termoeléctrica "Carlos Manuel de Céspedes" (ETE) organización que pertenece a la Unión Nacional Eléctrica (UNE) que a su vez forma parte del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), por su capacidad instalada, su ubicación geográfica, su elevada eficiencia y disponibilidad, constituye uno de los pilares fundamentales del Sistema Electroenergético Nacional (SEN), y está designada por el Despacho Nacional de Carga (DNC) para llevar la frecuencia del sistema. La ETE que brinda el servicio de generación de electricidad al SEN con una potencia instalada 316 MW, integrada por 2 unidades o bloques de generación de tecnología japonesa (HITACHI) de 158 MW cada uno las unidades de Cienfuegos representan el 12% de las unidades térmicas del país (Rodríguez, 2016).

A la generación de energía eléctrica se integran en período de zafra los CAI de la provincia siendo estos:

- CAI Antonio Sánchez, Municipio Aguada de Pasajeros
- CAI 14 de Julio, Municipio Rodas
- CAI 5 Septiembre, Municipio Rodas
- CAI Elpidio Gómez, Municipio Palmira
- CAI Ciudad Caracas, Municipio Lajas
- CAI Guillermo Monada, Municipio Abreus

El uso de dispositivos generadores de energía alternativa es uno de los elementos importantes que han ido en aumento, destacándose el progreso en los digestores de biogás, sistemas de paneles fotovoltaicos y sistemas de 10, 36 y 80 Watt respectivamente, la recuperación de los molinos de vientos y la estabilidad (constante) en los sistemas de 100 Watt. Los arietes hidráulicos y los sistemas de 150 Watt presentan valores muy bajo en esta estructura tal como se refleja en la gráfica de la figura 2.7. Es

importante decir que, lo que más se utiliza son los molinos y destacar también el crecimiento significativo de los paneles fotovoltaicos.

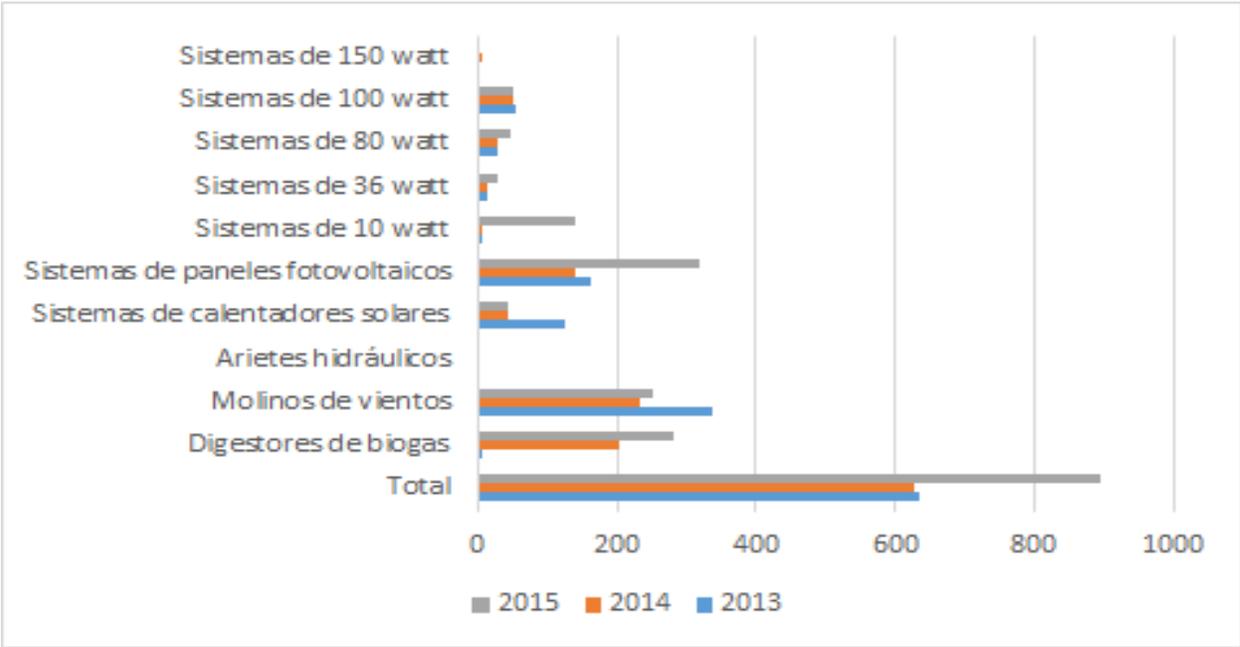


Figura 2.7: Estructura de dispositivos generadores de energía alternativa en la provincia de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

2.3.2 Consumo de energía en la provincia de Cienfuegos

El consumo de energía en la provincia Cienfuegos está constituido fundamentalmente por la energía eléctrica, el diésel, la gasolina y el gas licuado. La mayor demanda le corresponde a la energía eléctrica y aunque en el 2013 se observa un crecimiento, en 2015 disminuye considerablemente en relación a los años anteriores. Similar análisis con relación al diésel y la gasolina mientras que el gas licuado presenta un comportamiento oscilatorio en su consumo durante los 3 años que se muestra a continuación en la figura 2.8.

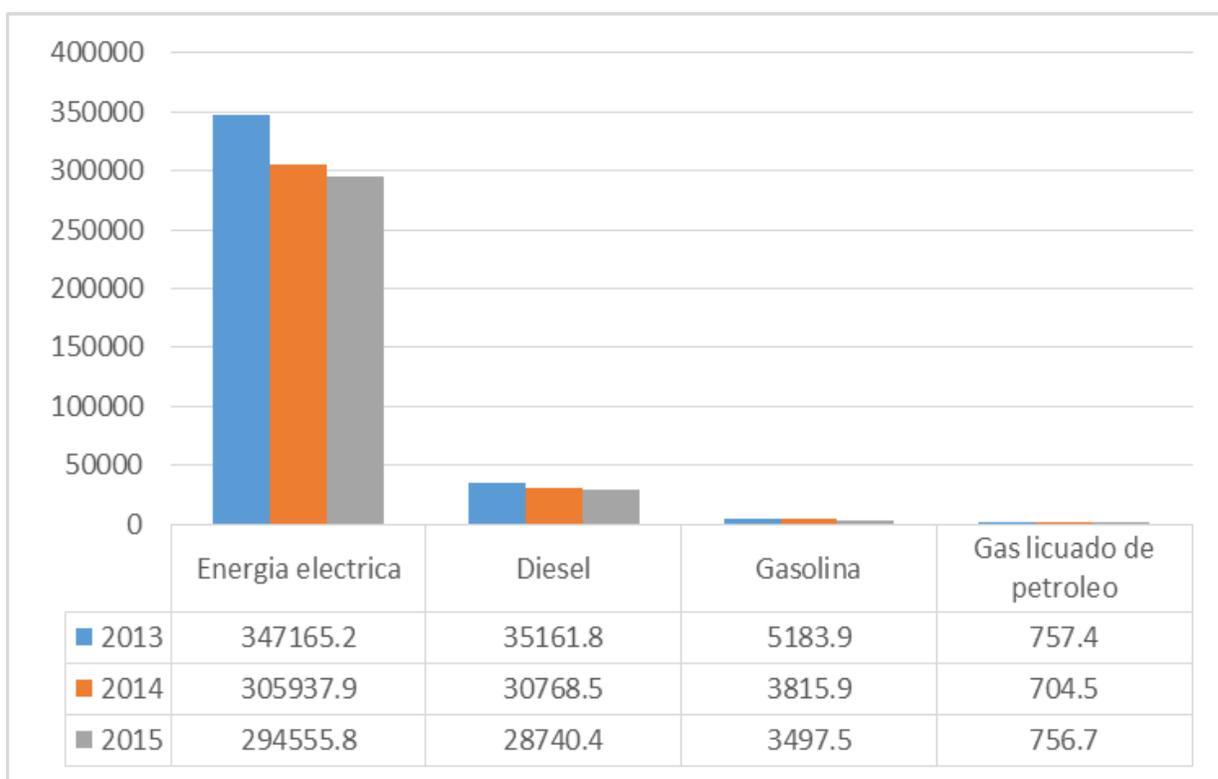


Figura 2.8 Consumo en la provincia de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboracion Propria.

El sector estatal, en esta provincia es el mayor consumidor de la electricidad generada en la red provincial. Hasta el año 2014 se registró un consumo de 55,5% de la electricidad de la red provincial solo para el sector estatal, del mismo solo un 0,8% es del alumbrado público, dejando al sector privado con un 44,5% pero de ello un 42,9% es del sector residencial, tal como se puede observar en la Figura 2.9 que se muestra a continuación.

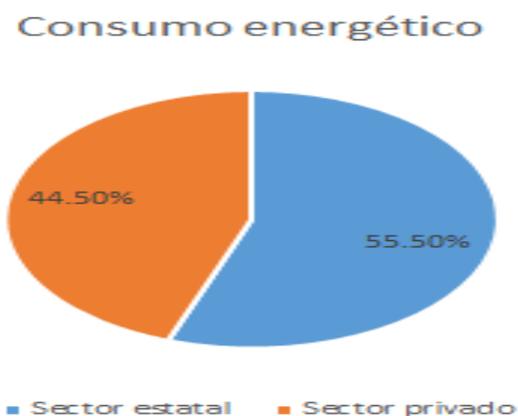


Figura 2.9: Consumo de energía eléctrica en la red provincial de Cienfuegos, según destino
Fuente: (Rodriguez, 2016).

Sin embargo en la provincia se ha observado una reducción cuantitativa del uso de petróleo y sus derivados en el último año. Un análisis al respecto se ilustra en la Figura 2.10. Como se puede observar en la misma el consumo de aceites y grasas lubricantes tiene el mayor empleo entre los derivados del petróleo que se utilizan en el territorio seguido por el combustible diésel. Las cifras del consumo del año 2015 son relativamente menor en relación los pasados tres años.

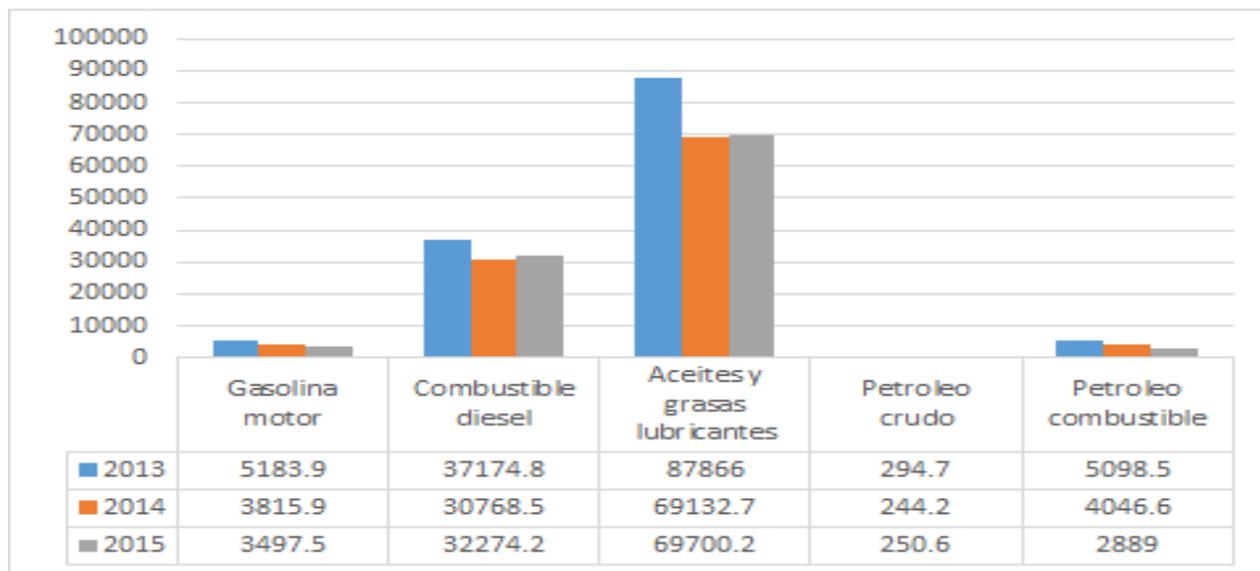


Figura 2.10: Consumo de petróleo crudo y derivados del petróleo por actividades económicas. **Fuente:** Elaboración propia.

En la provincia de Cienfuegos el consumo de combustible convencional ha experimentado una disminución en el período 2010-2014, sin embargo en año 2015 se ha registrado un incremento de este consumo lo que evidencia la dependencia aun existente por fuentes de energía convencionales, tal como se muestra en la tabla resumen a continuación.

Tabla 2.5: Consumo de combustible convencional a nivel provincial. **Fuente:** (ONEI, 2016b).

Concepto	UM	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Combustible Convencional	TCC	60958,5	56565,4	59134,8	56350,9	47760,7	71223,5

Cuanto al consumo de energía eléctrica en todos los municipios de la provincia de Cienfuegos, el municipio de Cienfuegos (municipio capital) es el de mayor consumo eléctrico, debido a que en el territorio están enclavadas las principales industrias y sectores de servicios de la provincia, así como la mayor población con 174 769 habitantes (ONEI, 2016b) siendo la mayoría habitantes en zona urbana lo que clasifica al municipio como Ciudad tipo 1 ó de 1^{er} orden en Cuba. Lo dicho se muestra en la figura a continuación.

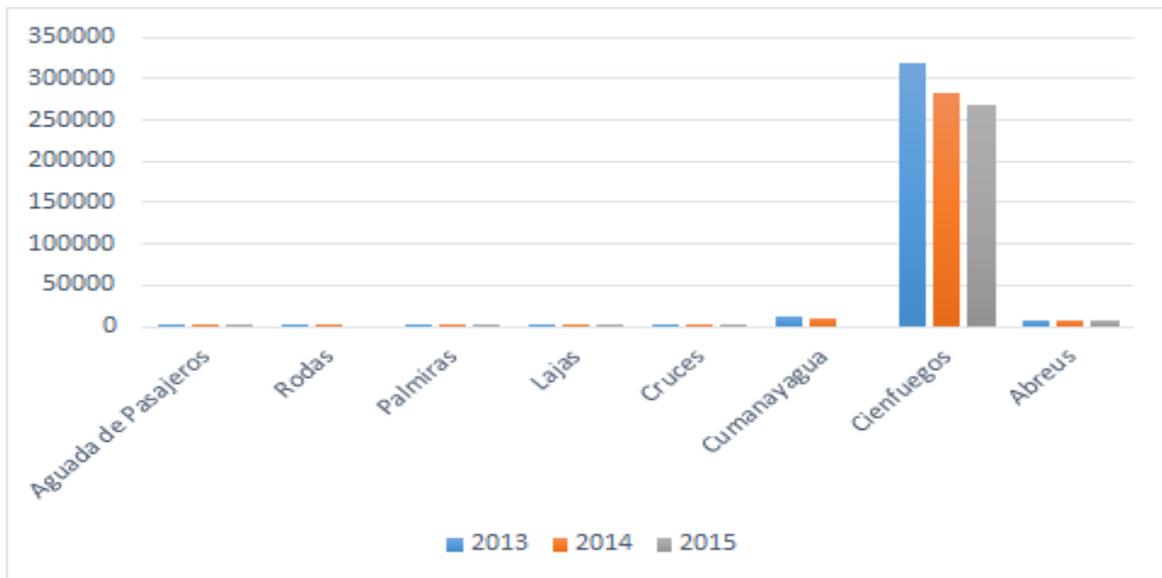


Figura 2.10: Consumo de energía eléctrica por municipios de la provincia de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración Propia.

2.3.3 Caracterización energética del municipio de Cienfuegos

El municipio Cienfuegos tiene una extensión territorial de 355,63 km² con una población residente de 173 769 habitantes. El territorio se encuentra situado en el centro-sur de la provincia a los 220 7' y 30" de latitud Norte y 180 18' de longitud Oeste sobre la península de Majagua, limita al Norte con los municipios de Palmira y Rodas, por el Sur con el Mar Caribe, hacia el Este con el municipio de Cumanayagua y por el Oeste con el municipio de Abreus (Rodríguez, 2016).

En el municipio Cienfuegos la información estadística sobre la generación se basa en los dispositivos generadores de energía alternativa, la cual se clasifica por tipo de dispositivo en el período 2010-2015, se evidencia un crecimiento de estos, con una puesta en marcha de 75 digestores de biogás más con respecto al año 2014, un crecimiento en centenas de paneles fotovoltaicos y sistemas de 10 Watt. En la figura 2.11 se representan los dispositivos generadores de FRE en el municipio.

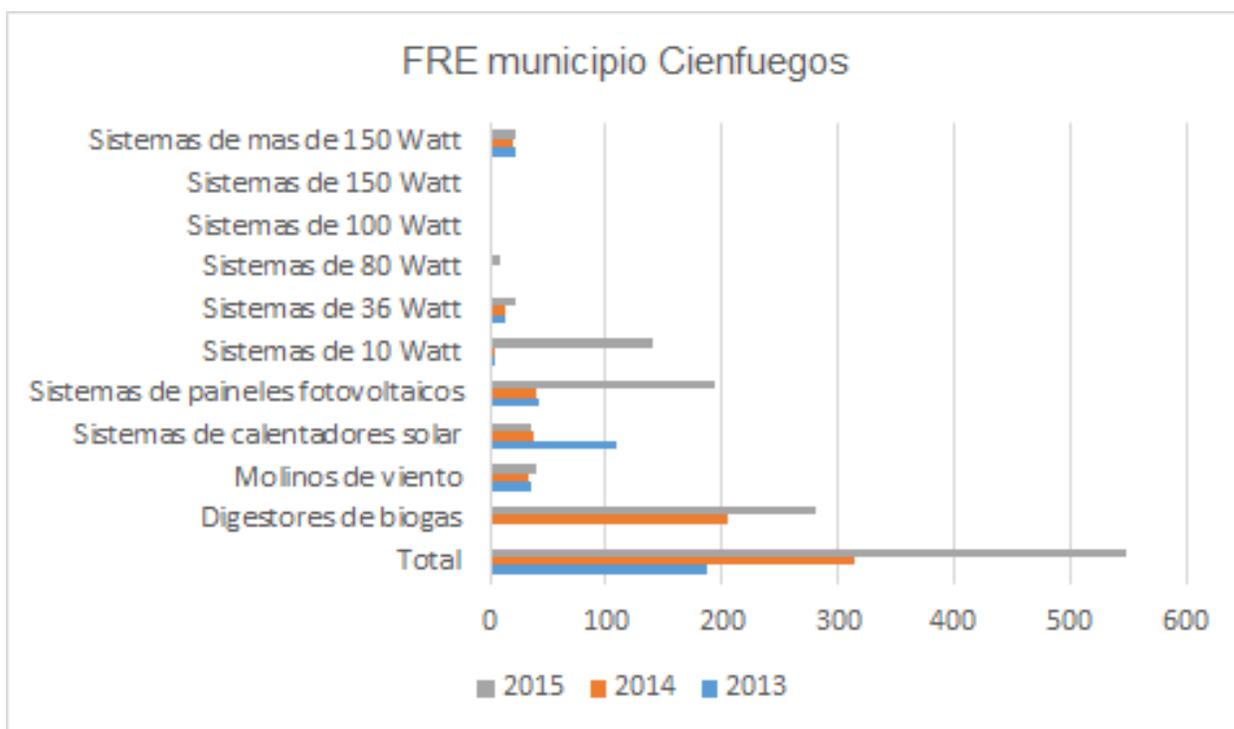


Figura 2.11: Estructura de dispositivos generadores de energía alternativa en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboracion Propia.

El municipio presenta la estadística e información del consumo por organismos y actividades económicas en el período 2010-2015 de los siguientes portadores energéticos (ver anexos 1 y 2):

- Energía eléctrica
- Diésel
- Gasolina
- Gas licuado
- Petróleo crudo y derivados
- Fuel oil

Con el objetivo de realizar el análisis de la GEL en el municipio de Cienfuegos se utiliza el método de expertos.

2.4 Análisis de la gestión energética local en el municipio de Cienfuegos

En este epígrafe se realiza el Análisis de la gestión energética local (GEL) en el municipio de Cienfuegos, con el objetivo de determinar las causas que la afectan y proponer acciones de mejora.

2.4.1 Determinación de los expertos

En el análisis de la GEL se utiliza el método de expertos. Para la definición de los elementos de comparación se hace necesaria la determinación de un grupo de expertos, el trabajo con estos permite conocer las opiniones de los especialistas que tienen mayor dominio del tema y así poder realizar una investigación con mayor profundidad. Se realizará el cálculo del número de expertos a través de la expresión:

$$n = \frac{p(1-p)k}{i^2}$$

Donde:

K: constante que depende del nivel de significación estadística.

p: proporción de error que se comete al hacer estimaciones del problema con n expertos.

I: precisión del experimento. ($I \leq 12$)

1 - α	k
99%	6,6564
95%	3,8416
90%	2,6896

Los criterios a utilizar para la selección de los miembros del equipo de trabajo son:

- Años de experiencia.
- Vinculación a la actividad lo más directamente posible.
- Capacidad para trabajar en equipo.
- Conocimiento del tema a tratar.

Después de realizar los cálculos para determinar el número de expertos se obtiene que deben ser once la cantidad de expertos, los mismos integrantes del Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA) de la Universidad de Cienfuegos, profesores del Departamentos de Ingeniería Industrial de la Universidad de Cienfuegos (DIIUCF) y la Universidad de Matanzas (DIIUM) y representante del Gobierno municipal de Cienfuegos:

- DrC. Juan José Cabello Eras (CEEMA)
- DrC. José Monteagudo LLanes (CEEMA)
- DraC. Margarita Lapido Rodríguez (CEEMA)
- DrC. Eduardo Julio López Bastida (CEEMA)

- DrC. Julio Gómez Sarduy (CEEMA)
- DrC. Félix González Pérez (CEEMA)
- DrC. Mario Álvarez-Guerra Plasencia (CEEMA)
- Ing. Ignacio Verdecia Nápoles (ONURE)
- DraC. Dianelys Nogueira Rivera (DIIUM)
- MSc. Jenny Correa Soto (DIIUCF)
- MSc. Arnaldo Cruz Cruz (Gobierno Municipal)

Se utiliza la metodología de Cortés e Iglesias (2005) para el cálculo del coeficiente de competencia, la misma tiene como objetivo asegurar que los expertos que se consultan verdaderamente pueden aportar criterios significativos respecto al tema objeto de estudio. Se seleccionan aquellos expertos que tengan un coeficiente de competencia entre medio y alto. Consecuentemente se les realiza un análisis de experticia tal como se muestra en la tabla 2.6 a continuación.

Tabla 2.6: Cálculo del coeficiente de competencia de cada experto. **Fuente:** Elaboración propia.

Expertos	Coeficiente de conocimiento (Kc)	Coeficiente de argumentación (Ka)	Coeficiente de Competencia (Kcomp=Kc+Ka/2)	Nivel
1	0.90	$0.2+0.4+3(0.05)+0.04=0.79$	0.85	Alto
2	0.80	$0.2+0.4+4(0.05)=0.90$	0.80	Alto
3	0.80	$0.3+0.5+0.03+0.04+0.05+0.04=0.96$	0.88	Alto
4	0.90	$0.2+0.4+3(0.05)+0.04=0.79$	0.85	Alto
5	0.80	$0.2+0.5+2(0.03)+2(0.04)=0.84$	0.82	Alto
6	0.90	$0.2+0.4+3(0.05)+0.04=0.79$	0.85	Alto
7	0.80	$0.3+0.5+0.03+0.04+0.05+0.04=0.96$	0.88	Alto
8	0.70	$0.3+0.4+0.03+4(0.03)=0.79$	0.76	Media
9	0.70	$0.3+0.4+4(0.03)=0.76$	0.73	Media
10	0.80	$0.2+0.4+4(0.05)=0.90$	0.80	Alto
11	0.70	$0.2+0.4+0.05+3(0.04)=0.77$	0.74	Medio

2.4.2 Resultados de análisis de la GEL en el municipio de Cienfuegos

En el análisis de la documentación desde la ONEI, no se evidencian los consumos de energía eléctrica por la población y la información energética es registrada por diferentes organizaciones en el territorio siendo estas:

- Organización Básica Eléctrica (OBE) que registra el consumo de energía eléctrica tanto en el sector estatal como en el privado en las cinco sucursales, donde se insertan los 19 Consejos Populares del municipio.
- La demanda de la energía eléctrica está dada por las fuentes convencionales y renovables de energía, CITMA, CUBASOLAR, MINAGRI.
- El control de combustible por la dependencia provincial de la Oficina Nacional para el Uso Racional de la Energía (ONURE).
- Las ventas de portadores energéticos por la Empresa Comercializadora de Combustibles (ECC) en Cienfuegos por los sectores estatales y residenciales.

Entre las deficiencias en la Gestión de la Energía en el municipio es que el proceso de toma de decisiones de la energía eléctrica municipal definido por (Ávila, F, 2016; Aureliano, G, 2016; Cantero, A, 2016; Fernández, L, 2016; Nápoles, O, 2016 & Rodríguez, S, 2016); no se consideran los consumos de los 19 Consejos Populares que componen el municipio de Cienfuegos; por otra parte, la información de la generación y consumo, no solo de la energía eléctrica, sino de todos los portadores energéticos dispersos no permite al gobierno local realizar una adecuada Gestión de la Energía y lograr visibilidad de su gestión. En el anexo 3 se muestra dicho análisis a través del diagrama Causa-Efecto.

Se procede a realizar por parte de los expertos la lista de causas potenciales que inciden en una deficiente GEL en Cuba, teniendo como caso de estudio el gobierno local del municipio de Cienfuegos. En el consenso se obtuvo un índice de concordancia (W Kendall) igual a 0.87 con la siguiente lista de causas potenciales:

- Interrelación deficiente entre los actores que controlan la generación y consumo de energía en el municipio.
- No se consideran los consumos de energía por Consejos Populares.
- Desconocimiento de las variables que influyen en el consumo de electricidad en el sector residencial municipal.
- Desconocimiento de la influencia de la GEL en la sociedad para el ahorro de la energía.

Por lo que:

Se procede a realizar la verificación de las causas y las acciones de mejora, que se muestran en la tabla 2.7:

Tabla 2.6: verificación de las causas y las acciones de mejora para la GEL en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

Causas potenciales	Verificación de las causas	Acciones de mejoras
Interrelación deficiente entre los actores que controlan la generación y consumo de energía en el municipio	Actores identificado como: CUPET, GEYSEL, EMGEF, CUBASOLAR, ONURE, OBE, CITMA, MINAGRI y otros registran y controlan información sobre la energía tanto por Fuentes Convencionales como por FRE, que no son registradas en la ONEI y solo se analizan en los Consejos Energéticos Municipales los consumos cuando existe un incumplimiento y no en función de la planificación	Realizar la identificación de la información, datos energéticos y los actores que la gestionan a través de Diagnóstico Energético Municipal
No se consideran los consumos de energía por Consejos Populares	En la planificación de la energía eléctrica en el municipio, la estructura de consumo por Consejos Populares no es considerada No se considera en la GE el consumo de todos los portadores energéticos incluido las FRE en el sector residencial	Realizar el Diagnóstico Energético Municipal
Desconocimiento de las variables que influyen en el consumo de electricidad en el sector residencial municipal	En el consumo de electricidad solo se considera las lecturas de los metrocontadores eléctricos instalados en el sector residencial, en estas lecturas se evidencia que en el sector el menor consumo se registra para el mes de febrero y el mayor para el mes de julio según (Ávila, F, 2016; Aureliano, G, 2016; Cantero, A, 2016; Fernández, L, 2016; Nápoles, O, 2016 & Rodríguez, S, 2016)	Determinar las variables que influyen en el consumo de electricidad municipal para el sector residencial que favorezca la propuesta de indicadores para medir el desempeño de la GEL, potenciar el uso de las FRE e insertarlos en la red de distribución eléctrica.
Desconocimiento de la influencia de la GEL en la sociedad para el ahorro de la energía	En la Estrategia de Comunicación del gobierno municipal no se considera la socialización de la GEL como	Diseñar una herramienta sustentada en la TICs (producto informático) que permita al gobierno local

	elemento de desarrollo que componen las Estrategias de Desarrollo de un municipio, no se utilizan las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs) para visualizar las GEL en el municipio	gestionar la energía y su socialización contribuyendo a la educación energética en el municipio
--	---	---

Todas las acciones de mejora poseen la misma prioridad es por ello que, conjuntamente a esta investigación, se realizan otras paralelas. En el caso de la presente investigación se desarrolla la acción de mejora: Realizar la identificación de la información, datos energéticos y los actores que la gestionan a través de Diagnóstico Energético Municipal con énfasis en el uso de las FRE aplicando el procedimiento para el diagnóstico energético municipal en Cuba. Esta acción de mejora está enfocada en determinar las potencialidades de desarrollo de FRE en el municipio. Para lo cual se elabora el Plan de Mejoras con la utilización de la técnica 5Ws y 2Hs que se muestra el anexo 4.

2.5 Procedimiento para el diagnóstico energético municipal en Cuba

El procedimiento diseñado (Ávila, 2016) está estructurado en los cuatro pasos, los cuales se detallan a continuación:

- Paso 1: Caracterización socio-económica del municipio objeto de estudio

Para caracterizar el municipio, se aplican diferentes técnicas, tales como la observación directa, entrevistas, el estudio documental y sesiones de trabajo con el CAM y el Consejo Técnico Asesor. A su vez se realiza la revisión de documentos y entrevistas donde se obtenga información relativa a la ubicación geográfica, las características medioambientales, la extensión territorial, el consumo energético por actividades económica y la población, las tendencias de los consumos energéticos, el volumen de la producción (PIB o VAB municipal), el empleo, las características de la población, densidad poblacional, datos urbanísticos, número de viviendas.

- Paso 2: Definición del escenario

En la definición del escenario se hace necesario el mapeo del proceso de toma de decisiones del CAM en la temática energética, además se debe aplicar la lista de chequeo que constituye una adaptación de la desarrollada por la Universidad de Wisconsin (UWExtension, 2011) para la

evaluación de las competencias de los miembros del CAM y los presidentes de los Consejos Populares (CP).

En este paso se realiza la identificación de los actores e instituciones claves así como sus interrelaciones, además de identificar como se realiza el control del consumo y eficiencia de los portadores energéticos que se utilizan en el municipio. Otros elementos para la definición del escenario actual es el período de tiempo para la recopilación de datos, que permita su procesamiento y análisis, teniendo en cuenta las instituciones que deben aportar la información, la identificación de barreras para el desarrollo de la GEL y las potencialidades de eficiencia energética y de FRE locales. La finalidad de este paso es la determinación del balance energético municipal, al considerar la energía demanda, entregada y su uso en el municipio.

- Paso 3: Inventario de las principales acciones desarrolladas para la reducción del consumo primario de energía

Se realizará el inventario de las acciones desarrolladas en el período de análisis para la eficiencia energética y el incremento de la producción de energía a través de las FRE.

- Paso 4: Determinación de los puntos fuertes y débiles del diagnóstico interno y externo

Como resumen del procedimiento, se identifican los factores internos (fortalezas y debilidades) y los externos (oportunidades y amenazas) que favorecen y obstaculizan el desarrollo de la gestión energética en el municipio, para lo cual se construye la matriz DAFO. El resultado constituye punto de partida para determinar la estrategia a implementar. El diagnóstico constituye una evaluación del municipio y de su contexto (general y específico) y por lo tanto, se requiere su actualización periódica para revelar la brecha entre la situación actual y los propósitos plasmados en la estrategia de desarrollo local (DL).

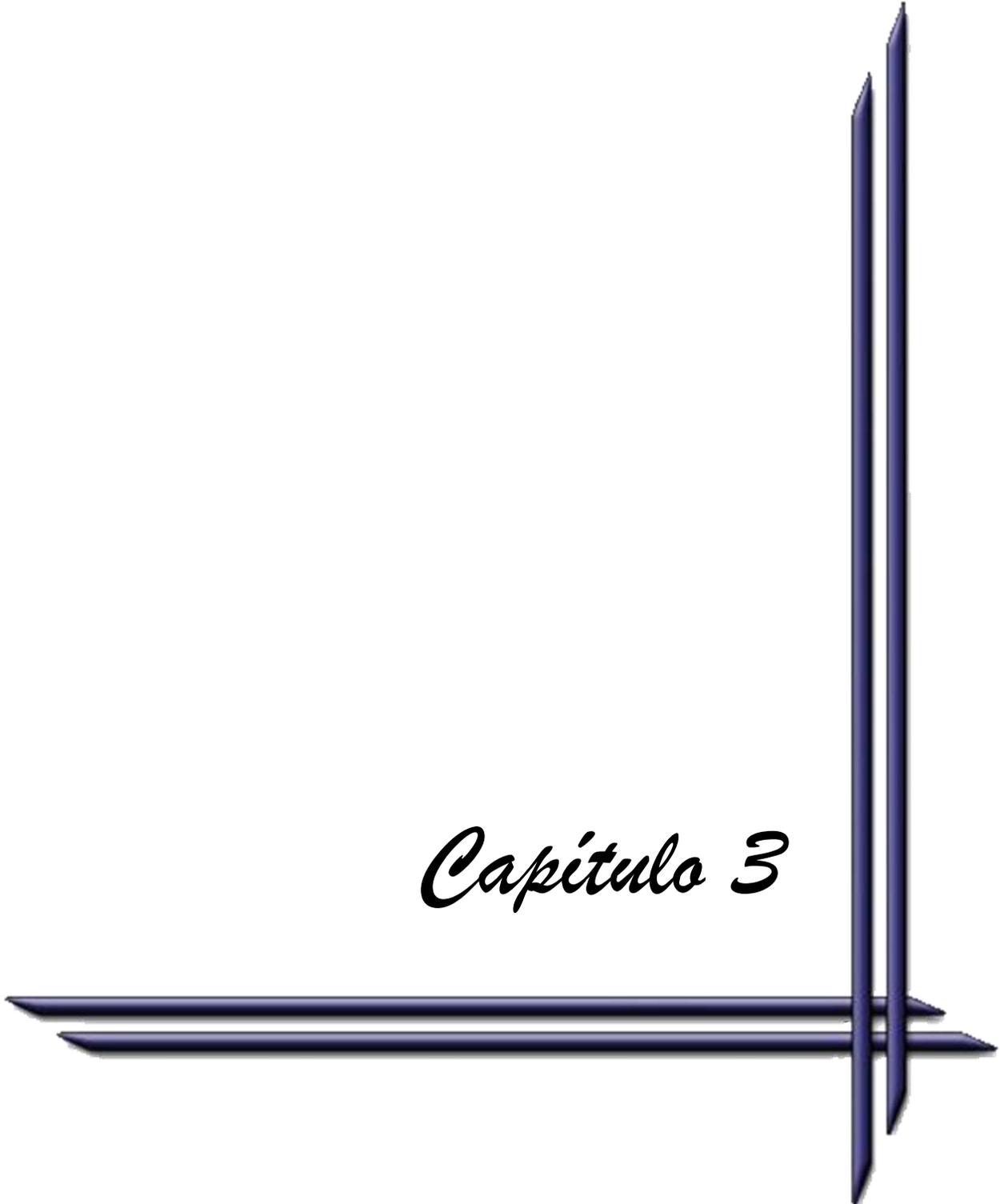
2.6 Alcance de la investigación

A esta investigación la preceden las desarrolladas por (Ávila, F, 2016; Aureliano, G, 2016; Cantero, A, 2016; Fernández, L, 2016; Nápoles, O, 2016 & Rodríguez, S, 2016) que tuvieron como alcance el diagnóstico del consumo de energía eléctrica en los 19 Consejos Populares del municipio de Cienfuegos, sin embargo no se concluyó la aplicación de procedimiento para el diagnóstico energético en Cuba en el municipio objeto de estudio. Por lo que en esta investigación se desarrollará el Paso 2 del procedimiento, en función de determinar las potencialidades de desarrollo de FRE.

2.7 Conclusiones parciales del capítulo

1. En Cuba la información estadística es centrada por la Oficina Nacional de Estadística e Información; a nivel nacional la información referente a la energía, considera la generación, la importación y los consumos de todos los sectores; sin embargo a escala local o municipal no funciona, se gestiona por diferentes actores y su interrelación no es adecuada siendo el flujo de esta información indispensable para la toma de decisiones en la planificación energética a nivel local.
2. Al realizar el análisis de la situación actual en Cuba sobre la gestión energética local (GEL), se concluye que los gobiernos municipales no poseen herramientas de gestión que les permitan gestionar los recursos energéticos presentes en el territorio, haciéndose necesario realizar la identificación de la información, datos energéticos y los actores que la gestionan las FRE en el municipio de Cienfuegos.

Capítulo 3



Capítulo III: Propuesta de desarrollo fuentes renovables de energía en el municipio de Cienfuegos

3.1 Introducción

En este capítulo se realiza la propuesta de desarrollo de FRE para el municipio de Cienfuegos, a través de la identificación de actores que gestionan y/o registran los datos e información sobre las FRE en el municipio y su captación. En este capítulo se realiza el cálculo de la energía eléctrica a partir del biogás como proyección de desarrollo.

3.2. Selección de fuentes renovables de energía a potencializar su desarrollo en el municipio de Cienfuegos

En este epígrafe se desarrolla el paso 2 del procedimiento para el diagnóstico energético municipal con aplicación en el municipio de Cienfuegos, con ello se pretende captar los datos e información se basará en la entrada de parámetros para el diagnóstico energético local definido por; (Ávila, F, 2016; Aureliano, G, 2016; Cantero, A, 2016; Fernández, L, 2016; Nápoles, O, 2016 & Rodríguez, S, 2016), relacionada con la producción de energía por fuentes renovables (en la figura 3.1 se muestran). Para realizar la Selección de fuentes renovables de energía a potencializar su desarrollo en el municipio de Cienfuegos se utiliza el grupo de expertos definido en el epígrafe 2.4.1.

En función de lograr la identificación de actores que gestionan y/o registran los datos e información referentes a la FRE en el municipio para su captación, quedando identificados los siguientes actores:

1. Organización Básica Eléctrica (OBE), a través de su dirección provincial.
2. Cubasolar, representación provincial.
3. Oficina Nacional de Estadística e Información, a través de sus dependencias provincial y municipal.(ONEI)
4. Ministerio del Turismo (MINTUR), Delegación provincial del MINTUR.
5. Dirección Provincial de Planificación Física (DPPF).

En la tabla 3.1 donde se muestran la información que captan o/y gestionan estos actores.

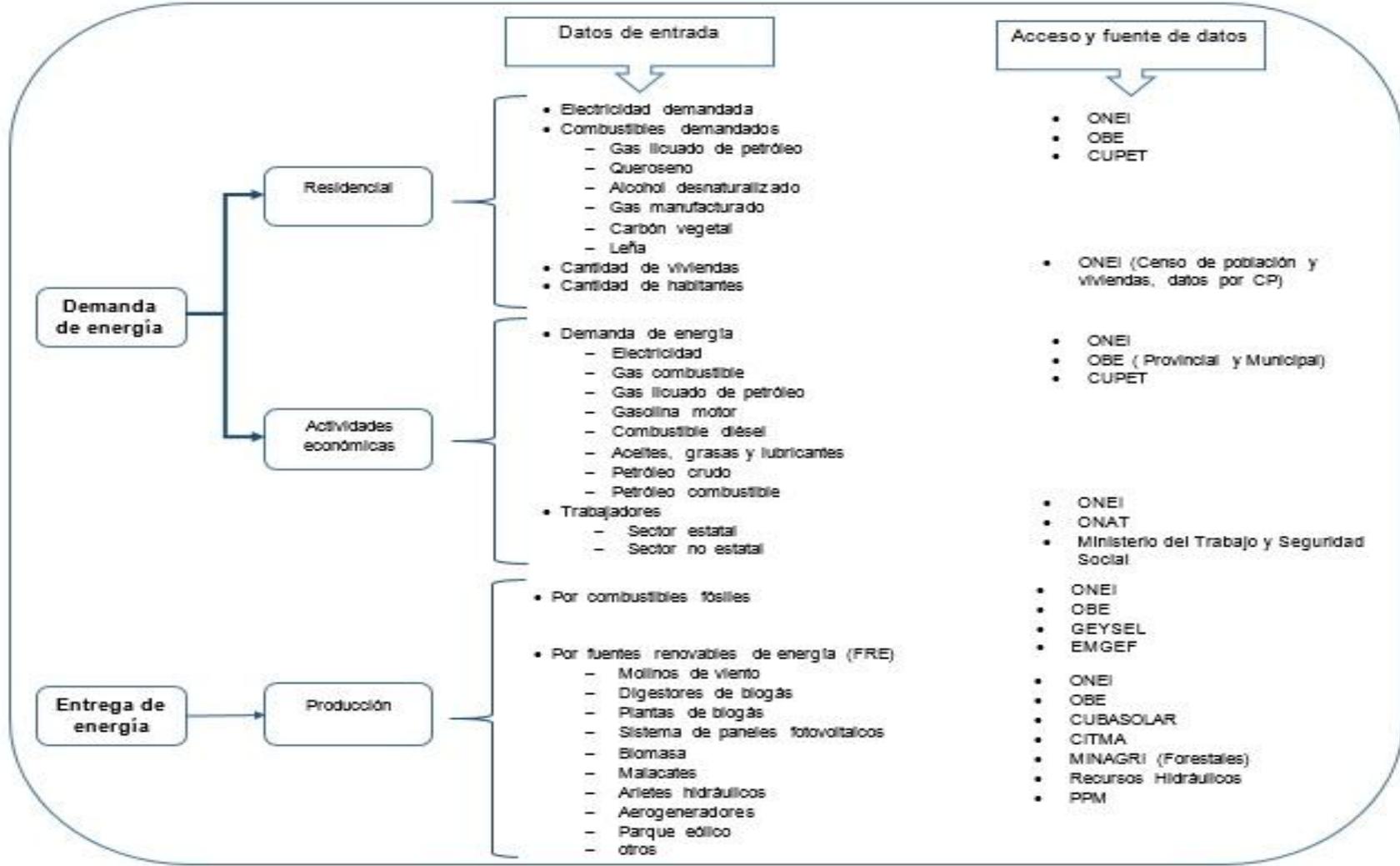


Figura 3.1: Parámetros para el diagnóstico energético municipal. **Fuente:** (Agüero, 2016; Ávila, 2016; Cantero, 2016; Fernández, 2016; Nápoles, 2016; Rodríguez, 2016; Vieira, 2016).

Tabla 3.1: Actores que gestionan la información referente a las FRE en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

No	Actor	Información
1	Organización Básica Eléctrica (OBE)	Generación para energía solar fotovoltaica (parques fotovoltaicos)
2	Cubasolar	Información referente a: <ul style="list-style-type: none"> • Estado de las FRE en la provincia de Cienfuegos • Relación digestores de biogás por municipios
3	ONEI	<ul style="list-style-type: none"> • Anuario Estadístico Municipal
4	MINTUR	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicación de los calentadores solares en los hoteles del municipio
5	DPPF	<ul style="list-style-type: none"> • Georeferenciación de las FRE del municipio de Cienfuegos a través de la herramienta informática MapInfo

El municipio de Cienfuegos cuenta con la instalación de cinco tipos de FRE, estas son:

1. Solar fotovoltaica (paneles solares)
2. Solar térmica (calentadores solares)
3. Parque solar (Cantarrana)
4. Biogás (biodigestores)
5. Arietes hidráulicos

Con la utilización de la Matriz FRE (ver figura 3.2) a través del MapInfo se pueden ubicar en el municipio las FRE existentes con sus características.

Leyenda

-  Panel solar Fotovoltaico
-  Calentador solar
-  Biogás
-  Ariete hidráulico
-  Parque fotovoltaico
-  Biodigestores privados
-  Asentamientos urbanos
-  Asentamientos rurales
-  Espejos de Agua

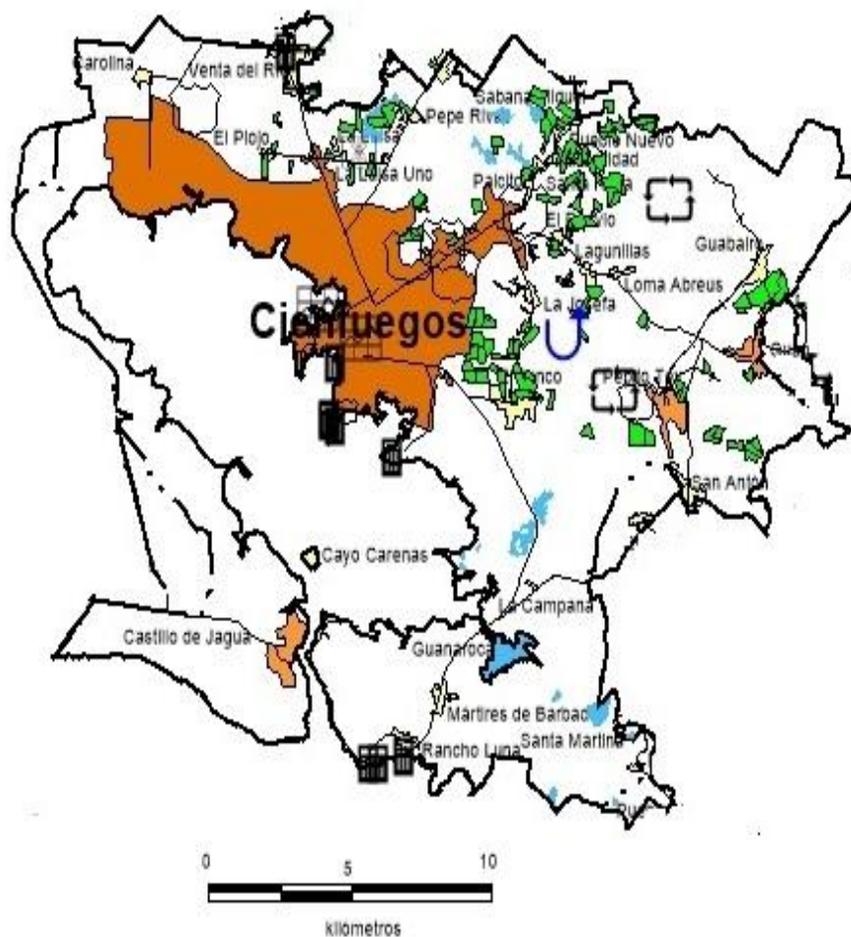


Figura 3.2: Matriz de las FRE en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

Su ubicación se muestra en la tabla 3.2.

Tabla 3.2: Ubicación de las FRE en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

Concepto	Cantidad	Ubicación	Consejo Popular	Organismo
Solar fotovoltaica	2	ETECSA	La Gloria	Ministerio de las Comunicaciones
		Geocuba	Reina	Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias
Solar térmica	9	Centro Recreativo Costa Sur (Palmares)	Centro Histórico	MINTUR
		Hotel Encanto Palacio Azul	Punta Gorda	MINTUR
		Casa Verde (Hotel Jagua)	Punta Gorda	MINTUR

		Club Cienfuegos (Palmares)	Punta Gorda	MINTUR
		Hotel Punta la Cueva	Junco Sur	MINTUR
		Hotel Faro Luna	Rancho Luna	MINTUR
		Delfinario	Rancho Luna	MINTUR
		Casa Visita	Rancho Luna	Poder Popular Provincial
		Vivienda	Paraíso (Venta del Rio)	Particular- CCS
Parque solar	1	Cantarrana	Paraíso (Cantarrana)	Ministerio de Energía y Minas
Biogás	30	Genético Porcino (1)	Paraíso	Ministerio de la Agricultura
		Viviendas (29)	Buena Vista, Caonao, Guaos, Pueblo Griffó, Paraíso, Pepito Tey, Punta Gorda y Tulipán	Particular
Ariete hidráulico	1	Tierra usufructuario	Pepito Tey	Particular- Agricultura

Teniendo en cuenta la Matriz de FRE del municipio y el criterio de los expertos: el Gobierno local debe incidir en el desarrollo de biodigestores de gas y los paneles fotovoltaicos, sobre la base del ganado porcino para la primera y la utilización de paneles solares en el sector residencial. En esa investigación solo se realiza el estudio para la potencialidad de generación de energía eléctrica por biogás, desglosado por:

1. Ganado porcino total del municipio (estatal y privado).
2. Ganado porcino total del municipio sector estatal.
3. Ganado porcino total del municipio sector privado.
4. Biodigestores que conforman la Matriz de FRE del municipio.

Para este estudio se utilizara la metodología evaluativa para el cálculo de energía eléctrica a partir de las excretas de ganado porcino propuesta por (Martínez, 2015) debido a que no solo considera el biogás generado, sino también la energía eléctrica generada, el ahorro de combustibles fósiles y la disminución de emisión de CO₂ a la atmósfera. Los datos a utilizar son

facilitados por la ONEI, Cubasolar y la Dirección Provincial de Planificación Física a través de la Matriz de FRE municipal.

El estudio referente a la propuesta de utilización paneles solares en el sector residencial, no se realiza debido no se encuentra completos los datos e información de algunos elementos como son:

- Tipo de tecnología.
- Eficiencia neta.
- Tipología de las edificaciones.
- Metros cuadrados de fabricación de la vivienda (contenido Catastro, DPPF).
- Selección de las viviendas.
- Selección del Consejo Popular.

3.3 Metodología evaluativa para el cálculo de energía eléctrica a partir de las excretas de ganado porcino

Martínez (2015) plantea que para el desarrollo de la metodología se debe tener como datos la cantidad de animales, manejando con precisión la edad para la estimación correcta de la cantidad de excreta que se puede producir, ya que es a partir de la excreta que se puede calcular el volumen de biogás obtenible en el proceso de biodigestión anaerobia. En la tabla 3.3 muestra esta clasificación y división porcentual propuesta según las características de cultivo de este tipo de ganado.

Tabla 3.3. Clasificación por edad. **Fuente:** Martínez (2015)

No	Clasificación tipo	División porcentual (%)
1	Menores de 8 semanas de edad Lechón (Pequeño)	39.312
2	Entre 2 y 4 meses de edad Mediano	46.683
3	Sementales Grande	0.4914
4	Vientres Grandes	10.319
5	Mayores a 6 meses de edad	3.194

Se plantea en la metodología que a partir de la edad, es posible estimar la cantidad de excreta diaria que produce un cerdo, se obteniéndose los datos clasificados por edad, como los muestra la tabla 3.4. Estos datos contabilizan la cantidad de excreta diaria en kg/día. Esa excreta para ser descompuesta en un biodigestor anaerobio, debe estar con alto contenido de agua, para lo cual se mezcla con una proporción de 1:1 de agua/excreta. El agua a emplear, no tiene que ser limpia y puede ser la procedente del proceso de limpieza del corral o de otros subprocesos de la granja o externos. Incluso, para mejorar la eficiencia del biodigestor, se mezcla con otros elementos residuales de origen animal o vegetal e incluso basura orgánica generada por humanos.

Tabla 3.4: Producción promedio de estiércol de acuerdo al tiempo de estación **Fuente:** Martínez (2015).

No	Clasificación tipo	Producción de excretas diarias (kg/día)
1	Menores de 8 semanas de edad Lechón (Pequeño)	1
2	Entre 2 y 4 meses de edad Mediano	1.5
3	Sementales Grande	2
4	Vientres Grandes	2
5	Mayores a 6 meses de edad	2

Adicionalmente, la producción de biogás depende de varios factores de control dentro del biodigestor, como la temperatura del proceso, el contenido de agua y aditivos. La cantidad precisa de biogás que se produce en un biodigestor planteando un valor estimado (ver tabla 3.5)

Tabla 3.5. Producción de Biogás por edad del animal **Fuente:** Martínez (2015).

No	Clasificación tipo	Producción de Biogás (m ³ /kg)	Producción de Biogás (m ³ /día)
1	Menores de 8 semanas de edad Lechón (Pequeño)	0.07	0.07
2	Entre 2 y 4 meses de edad Mediano	0.07	0.11

3	Sementales Grande	0.07	0.14
4	Vientres Grandes	0.07	0.14
5	Mayores a 6 meses de edad	0.07	0.14

El biogás obtenido necesita convertirse de energía química a energía calorífica, para poder tener un uso actual (en calderas, estufas o motores de combustión interna). Asumiendo un control de las variables del proceso de biodigestión, se podría considerar que en media el contenido energético de dicha mezcla es de 20 MJ/m³, lo cual mediante un cambio de unidades significa 5.56 kWh/m³, o de manera similar, cada m³ de biogás representa 0.0033 barriles equivalentes de petróleo (BEP) o 305.8 m³ de biogás poseen el contenido energético de un BEP. A partir de esos datos, se pueden estimar los potenciales energéticos ante una explotación masiva de biomasa animal (porcina), mediante biodigestores anaeróbicos.

Si se estima un uso como combustible para generar electricidad, se deben considerar algunos aspectos adicionales como el tipo de máquina que se empleará para la conversión química-térmica-mecánica-eléctrica. Como el ciclo de conversión es largo, la eficiencia a considerar es baja. Existe una primera alternativa económica para dicha conversión, que es empleando motores de combustión interna de gas y acoplarles un generador eléctrico; el otro caso, para producción en mayor escala, es el empleo de una turbina de gas. En ambos casos, las eficiencias máximas no sobrepasan del 30%. Por tanto, se tomará este número como un buen aproximado para la estimación correspondiente. Eso implica que por cada metro cúbico de biogás, se pueden obtener 1.67 kWh de electricidad.

Una última variable de interés desde el punto de vista de análisis es las emisiones de CO₂, la combustión de biogás produce CO₂, este forma parte del ciclo de carbono, por lo que no se adiciona al atmosférico, sino que forma parte de este. Por ello, podría considerarse analíticamente como una fuente con cero emisiones de CO₂. Se plantea que para producir producir 1 kWh de electricidad con las energías primarias (fuentes convencionales) actualmente empleadas se genera 0.675 kg de CO₂. Por lo que con cada kWh generado con biogás, hay un ahorro equivalente en CO₂.

3.4 Aplicación de la metodología evaluativa para el cálculo de energía eléctrica a partir de las excretas de ganado porcino en el municipio de Cienfuegos

La aplicación de la metodología evaluativa para el cálculo de energía eléctrica a partir de las excretas de ganado porcino propuesta por Martínez (2015) en el municipio de Cienfuegos, requiere un orden de pasos, para ellos se procederá a calcular las potencialidades de este recurso energético renovable, en los cuatro criterios obtenidos en el epígrafe 3.2:

1. Ganado porcino total del municipio (estatal y privado).
2. Ganado porcino total del municipio sector estatal.
3. Ganado porcino total del municipio sector privado.
4. Biodigestores que conforman la Matriz de FRE del municipio.

3.4.1 Cálculo de energía eléctrica a partir de las excretas de ganado porcino para toda la masa del municipio de Cienfuegos

Se procede a aplicar la metodología para toda la masa porcina presente en el municipio de Cienfuegos , tanto sector estatal como privado, los resultados se muestran a continuación. La población porcina es aportado por la ONEI (ONEI, 2016c) en la figura 3.2 se muestra el crecimiento municipal para el periodo 2009 -2014.

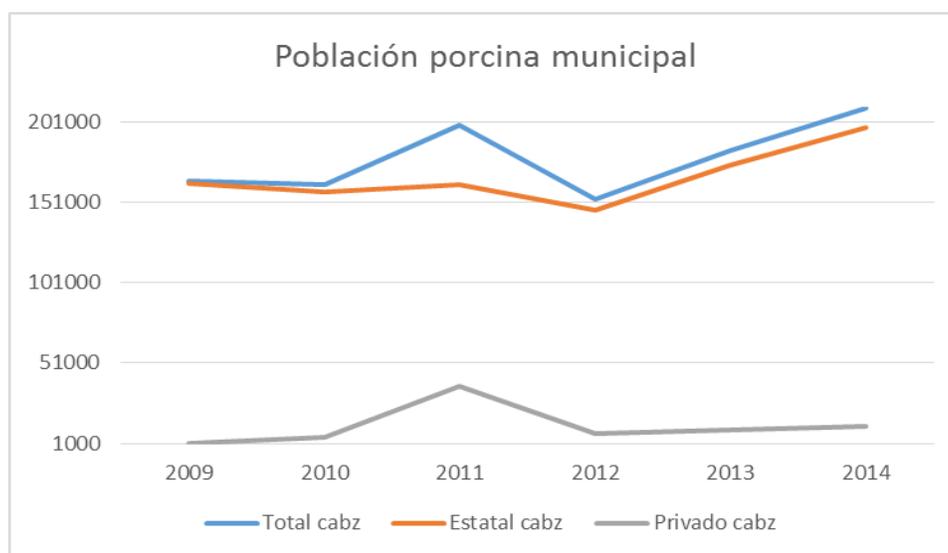


Figura 3.2: Población porcina municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

- Clasificación por edad de la población porcina municipio de Cienfuegos

La población porcina utilizar serán por los datos más actualizados aportados por la ONEI (2016c), la población igual a 210032 cabezas de ganado. Procediéndose a establecer la clasificación por edades (ver tabla 3.6 y figura 3.3)

Tabla 3.6: Clasificación por edad de la población porcina municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

Clasificación por edad de la población porcina	Población porcina
Menores de 8 semanas de edad Lechón (Pequeño)	83678
Entre 2 y 4 meses de edad Mediano	96230
Sementales Grande	837
Vientres Grandes	23011
Mayores a 6 meses de edad	6276
Total	210032

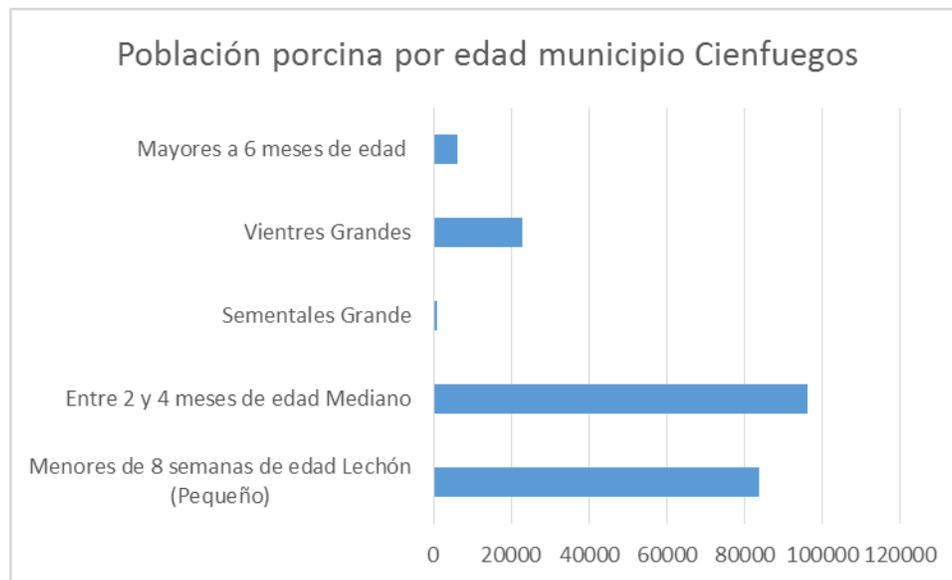


Figura 3.3: Clasificación por edad de la población porcina municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

- Contabilización de las excretas generadas diarias y anal por edad y totales

Posteriormente se realiza a contabilización de las excretas generadas diarias y anual por edad y totales, la tabla 3.7 y figura 3.3 muestran los resultados

Tabla 3.7: Contabilización de las excretas generadas diarias y anal por edad y totales. **Fuente:** Elaboración propia.

Clasificación por edad de la población porcina	Excertas totales por tipo, excerta por día (kg)	Excertas totales por tipo, excerta por día (ton)	Excreta totales año (ton)
menos 8 semanas	83678.00	83.68	30542.47
entre 2-4 meses	144344.55	144.34	52685.76
Sementales	1673.56	1.67	610.85
Vientres grandes	46022.90	46.02	16798.36
Mayores 6 meses	12551.70	12.55	4581.37
Total	288270.71	288.27	105218.81

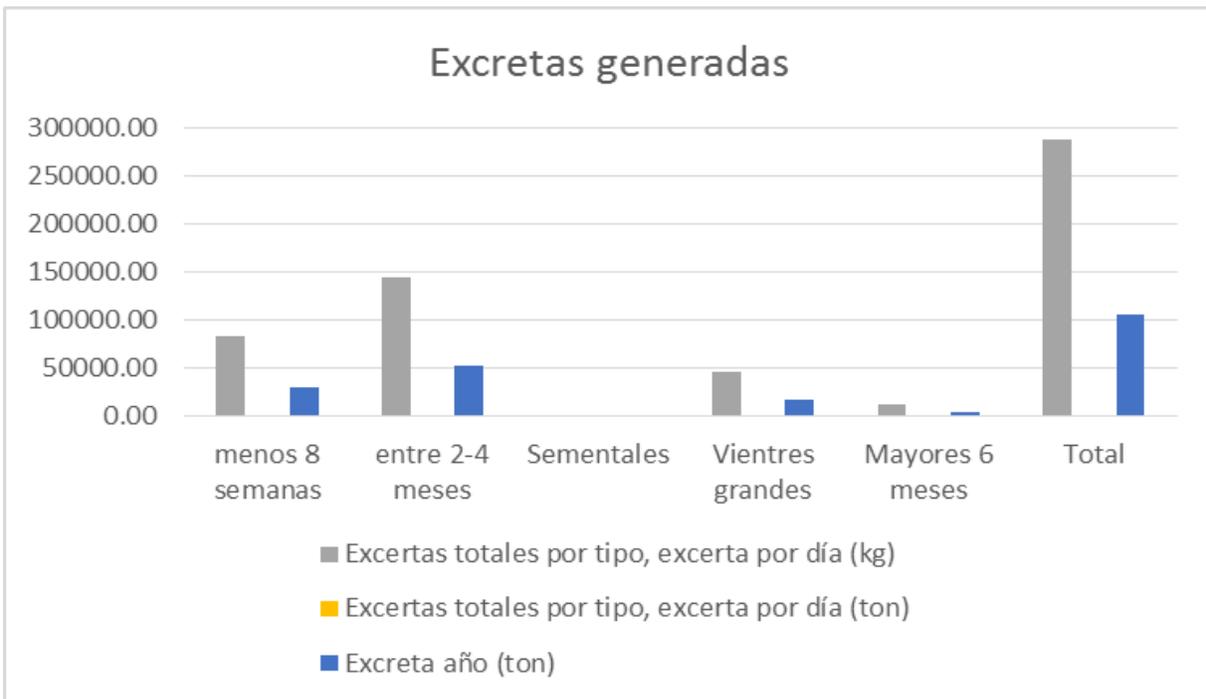


Figura 3.4: Excretas generadas por la población porcina municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

- Análisis de Biogás generados por la población porcina municipal

Este análisis se realiza sobre la base del criterio planteado por martinez (2015), donde se considera que la producción de biogás es 0.07 m³ por cada kilogramo de excreta genrada, en la tabla 3.8 y la figura 3.5 se evidencia las potencialidades de generación de biogás en el municipio de Cienfuegos.

Tabla 3.8: Potencialidades de generación de biogás en el municipio de Cienfuegos.**Fuente:** Elaboración propia.

Clasificación por edad de la población porcina	Biogás excerta/edad animal día(m ³ /día)	Total de biogás día(m ³)	Total de biogás año(m ³)
menos 8 semanas	0.07	5857.46	2137972.90
entre 2-4 meses	0.11	10585.27	3863622.46
Sementales	0.14	117.15	42759.46
Vientres grandes	0.14	3221.60	1175885.10
Mayores 6 meses	0.14	878.62	320695.94
Total		20660.10	7540935.84

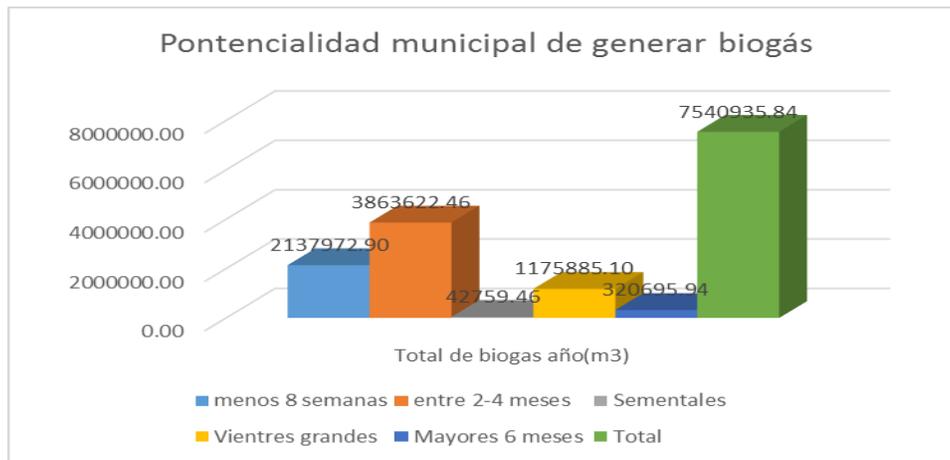


Figura 3.5: Potencialidades de generación de biogás por la población porcina municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

- Cálculo de la potencialidad de producción de energía eléctrica desde las potencialidades de generación de biogás municipal

A continuación se realiza el cálculo de la potencialidad de producción de energía eléctrica desde las potencialidades calculadas de generación de biogás municipal. En ese análisis se tiene en cuenta que un metro cúbico de biogás es capaz de generar 1.67 kWh. (ver tabla 3.9 y figura 3.6)

Tabla 3.9: Potencialidad de producción de energía eléctrica desde las potencialidades calculadas de generación de biogás municipal. **Fuente:** Elaboración propia.

Clasificación por edad de la población porcina	Total de biogás año(m3)	Total energía eléctrica día(kWh)	Total energía eléctrica año (kWh)
menos 8 semanas	2137972.90	9781.96	3570414.74
entre 2-4 meses	3863622.46	17677.40	6452249.50
Sementales	42759.46	195.64	71408.29
Vientres grandes	1175885.10	5380.08	1963728.11
Mayores 6 meses	320695.94	1467.29	535562.21
Total	7540935.84	34502.36	12593362.86

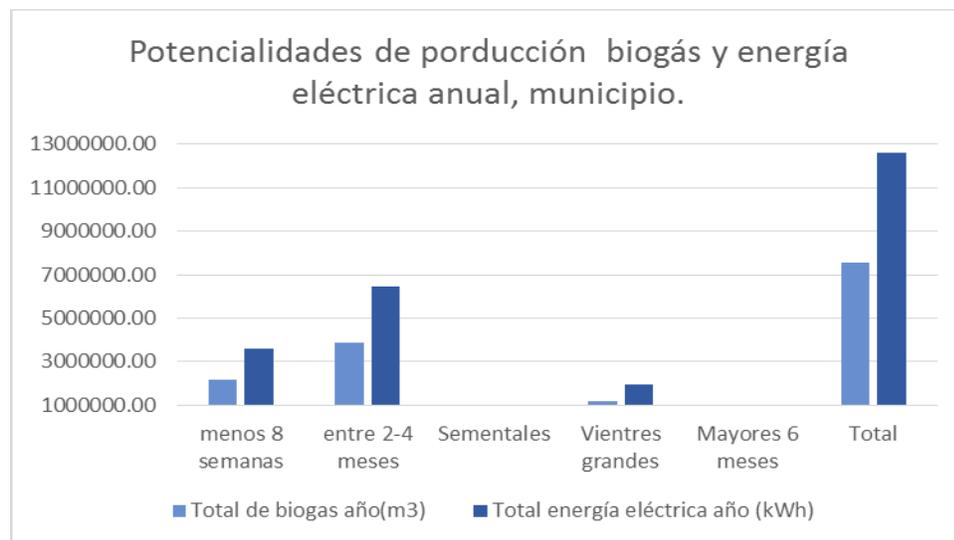


Figura 3.6: Potencialidades de generación de energía eléctrica por la población porcina municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

- Ahorros proyectados por la generación de energía eléctrica a partir del biogás de la población porcina del municipio.

La proyección de utilización de FRE en el municipio conlleva a que se calculen los beneficios por este concepto. La utilización de FRE trae dos beneficios fundamentales: la disminución de combustibles fósiles para la generación de electricidad y de gases efecto invernadero (GEI) a la atmósfera. Se estima que por cada metro cúbico de biogás representa 0.0033 barriles equivalentes de petróleo (BEP) es decir que 305.8 m³ de biogás poseen el contenido energético de un BEP. Por otra parte se plantea que para producir 1 kWh de electricidad con las energías primarias (fuentes convencionales) se genera 0.675 kg de CO₂. A partir de esas premisas se establecen los ahorros proyectados. La tabla 3.10 se muestran los ahorros proyectados.

Tabla 3.10: Proyección de ahorros de combustible fósil y disminución de emisiones de GEI por potencialidad del biogás municipal. **Fuente:** Elaboración propia.

Clasificación por edad de la población porcina	BEP/día	BEP/año	CO₂ dejado de emitir día (kg)	CO₂ dejado de emitir año (ton)
menos 8 semanas	19.33	7055.31	6602.82	2410.03
entre 2-4 meses	34.93	12749.95	11932.24	4355.27
Sementales	0.39	141.11	132.06	48.20
Vientres grandes	10.63	3880.42	3631.55	1325.52
Mayores 6 meses	2.90	1058.30	990.42	361.50
Total	68.18	24885.09	23289.10	8500.52

Proyectando un ahorro de BEP de 24885.09 anuales y dejado de emitir 8500.52 ton de CO₂ anual.

3.4.2 Cálculo de energía eléctrica a partir de las excretas de ganado porcino para el sector estatal del municipio de Cienfuegos

Se procede a aplicar la metodología para toda la masa porcina del sector estatal del municipio de Cienfuegos los resultados se muestran a continuación.

- Clasificación por edad de la población porcina estatal

La población porcina utilizar serán por los datos más actualizados aportados por la ONEI (2016c), la población igual a 198442 cabezas de ganado. Procediéndose a establecer la clasificación por edades (ver tabla 3.11 y figura 3.7)

Tabla 3.11: Clasificación por edad de la población porcina sector estatal. **Fuente:** Elaboración propia.

Clasificación por edad de la población porcina	Población porcina
Menores de 8 semanas de edad Lechón (Pequeño)	79060
Entre 2 y 4 meses de edad Mediano	90919
Sementales Grande	791
Vientres Grandes	21742
Mayores a 6 meses de edad	5930
Total	198442

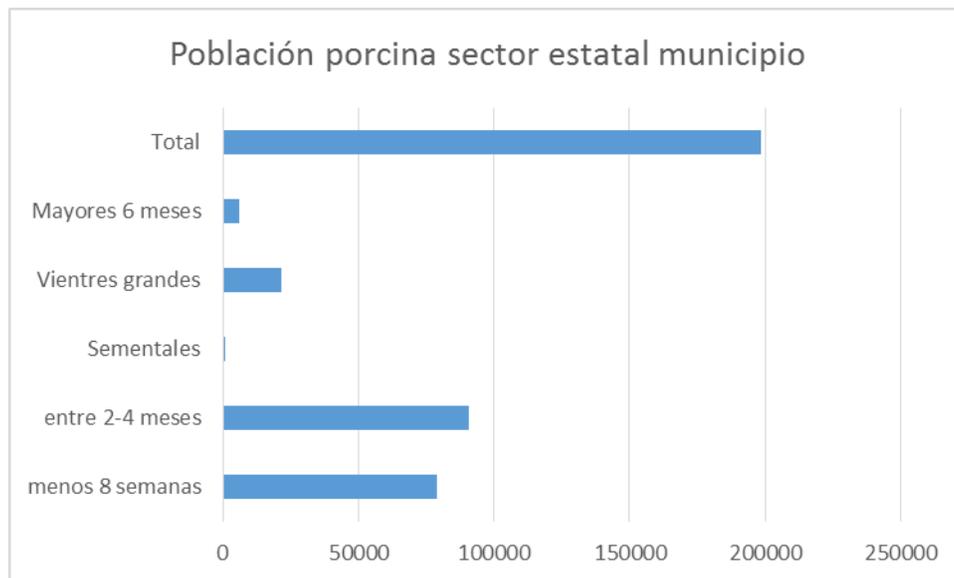


Figura 3.7: Clasificación por edad de la población porcina sector estatal. **Fuente:** Elaboración propia.

- Contabilización de las excretas generadas diarias y anal por edad y totales

Posteriormente se realiza a contabilización de las excretas generadas diarias y anual por edad y totales, la tabla 3.12 y figura 3.8 muestran los resultados

Tabla 3.12: Contabilización de las excretas generadas diarias y anal por edad y totales sector estatal. **Fuente:** Elaboración propia.

Clasificación por edad de la población porcina	Excertas totales por tipo, excerta por día (kg)	Excertas totales por tipo, excerta por día (ton)	Excreta totales año (ton)
menos 8 semanas	79060.40	79.06	28857.05
entre 2-4 meses	136379.19	136.38	49778.40
Sementales	1581.21	1.58	577.14
Vientres grandes	43483.22	43.48	15871.38
Mayores 6 meses	11859.06	11.86	4328.56
Total	272363.08	272.36	99412.52

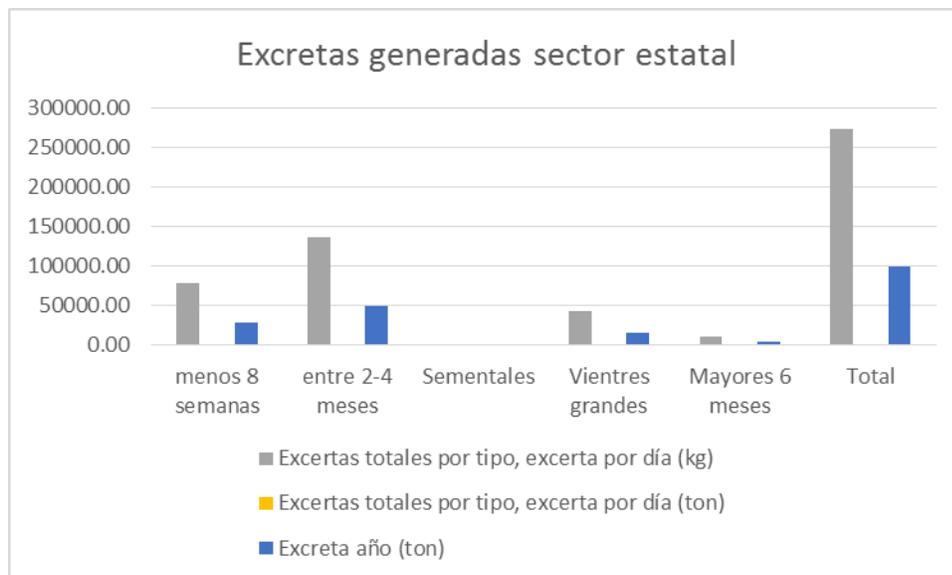


Figura 3.8: Excretas generadas por la población porcina sector estatal. **Fuente:** Elaboración propia.

- Análisis de Biogás generados por la población porcina estatal

Este análisis se realiza según los criterios mencionados con anterioridad para su realización, en la tabla 3.13 y la figura 3.9 se evidencia las potencialidades de generación de biogás por el sector estatal municipal.

Tabla 3.13: Potencialidades de generación de biogás sector estatal. **Fuente:** Elaboración propia.

Clasificación por edad de la población porcina	Biogás exerta/edad animal día(m ³ /día)	Total de biogás día(m ³)	Total de biogás año(m ³)
menos 8 semanas	0.07	5534.23	2019993.22
entre 2-4 meses	0.11	10001.14	3650416.32
Sementales	0.14	110.68	40399.86
Vientres grandes	0.14	3043.83	1110996.27
Mayores 6 meses	0.14	830.13	302998.98
Total		19520.01	7124804.66

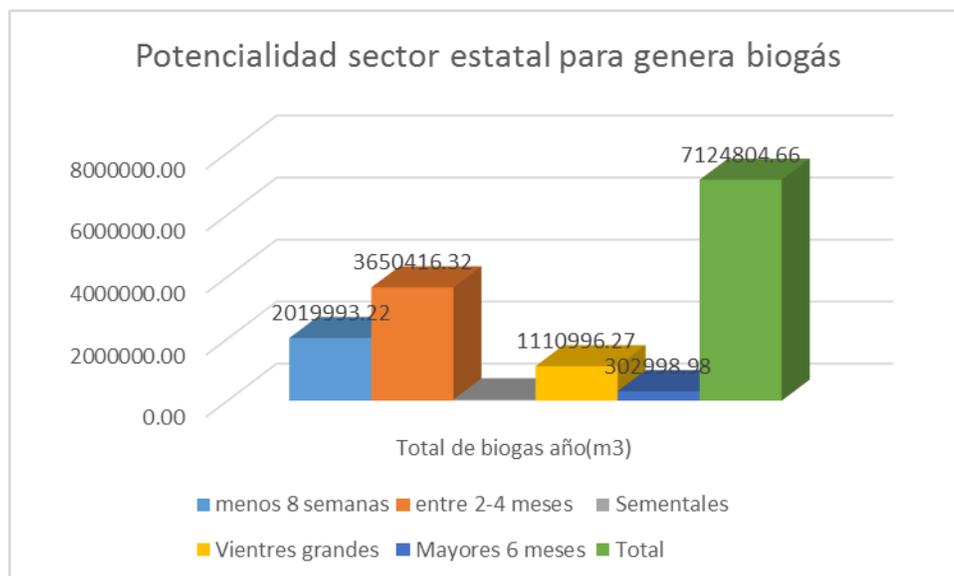


Figura 3.9: Potencialidades de generación de biogás por el sector estatal. **Fuente:** Elaboración propia.

- Cálculo de la potencialidad de producción de energía eléctrica desde las potencialidades de generación de biogás sector estatal

A continuación se realiza el cálculo de la potencialidad de producción de energía eléctrica desde las potencialidades calculadas de generación de biogás por el sector estatal, los resultados se muestran en la (ver tabla 3.14 y figura 3.10)

Tabla 3.14: Pontencialidad de producción de energía eléctrica desde las potencialidades calculadas de generación de biogás sector estatal. **Fuente:** Elaboración propia.

Clasificación por edad de la población porcina	Total de biogás año(m3)	Total energía eléctrica día(kWh)	Total energía eléctrica año (kWh)
menos 8 semanas	2019993.22	9242.16	3373388.68
entre 2-4 meses	3650416.32	16701.90	6096195.25
Sementales	40399.86	184.84	67467.77
Vientres grandes	1110996.27	5083.19	1855363.77
Mayores 6 meses	302998.98	1386.32	506008.30
Total	7124804.66	32598.42	11898423.78

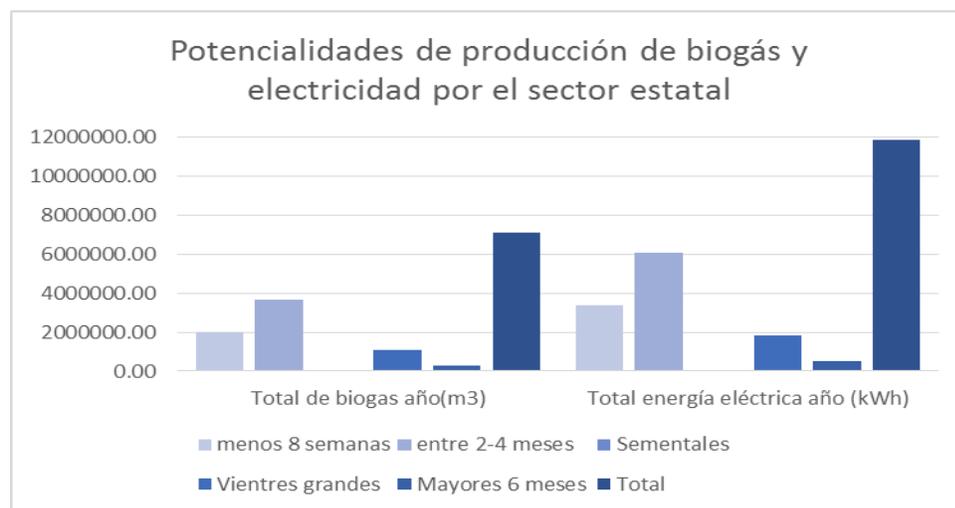


Figura 3.10: Potencialidades de generación de energía eléctrica por el sector estatal. **Fuente:** Elaboración propia.

- Ahorros proyectados por la generación de energía eléctrica a partir del biogás de la población porcina del municipio.

En la tabla 3.15 se muestran los ahorros proyectados por la utilización del biogás para la generación de electricidad por el sector estatal.

Tabla 3.15: Proyección de ahorros de combustible fósil y disminución de emisiones de GEI por potencialidad del biogás sector estatal. **Fuente:** Elaboración propia.

Clasificación por edad de la población porcina	BEP/día	BEP/año	CO ₂ dejado de emitir día (kg)	CO ₂ dejado de emitir año (ton)
menos 8 semanas	18.26	6665.98	6238.46	2277.04
entre 2-4 meses	33.00	12046.37	11273.79	4114.93
Sementales	0.37	133.32	124.77	45.54
Vientres grandes	10.04	3666.29	3431.15	1252.37
Mayores 6 meses	2.74	999.90	935.77	341.56
Total	64.42	23511.86	22003.93	8031.44

Proyectando un ahorro de BEP de 23511.86 anuales y dejado de emitir a la atmósfera 8031.44 ton de CO₂ anual

3.4.3 Cálculo de energía eléctrica a partir de las excretas de ganado porcino para el sector privado del municipio de Cienfuegos

Se procede a aplicar la metodología para toda la masa porcina del sector privado del municipio de Cienfuegos los resultados se muestran a continuación.

- Clasificación por edad de la población porcina sector privado

La población porcina utilizar serán por los datos más actualizados aportados por la ONEI (2016c), la población igual a 11587 cabezas de ganado. Procediéndose a establecer la clasificación por edades (ver tabla 3.16 y figura 3.11).

Tabla 3.16: Clasificación por edad de la población porcina sector privado. **Fuente:** Elaboración propia.

Clasificación por edad de la población porcina	Población porcina
Menores de 8 semanas de edad Lechón (Pequeño)	4616
Entre 2 y 4 meses de edad Mediano	5309
Sementales Grande	46
Vientres Grandes	1270
Mayores a 6 meses de edad	346
Total	11587

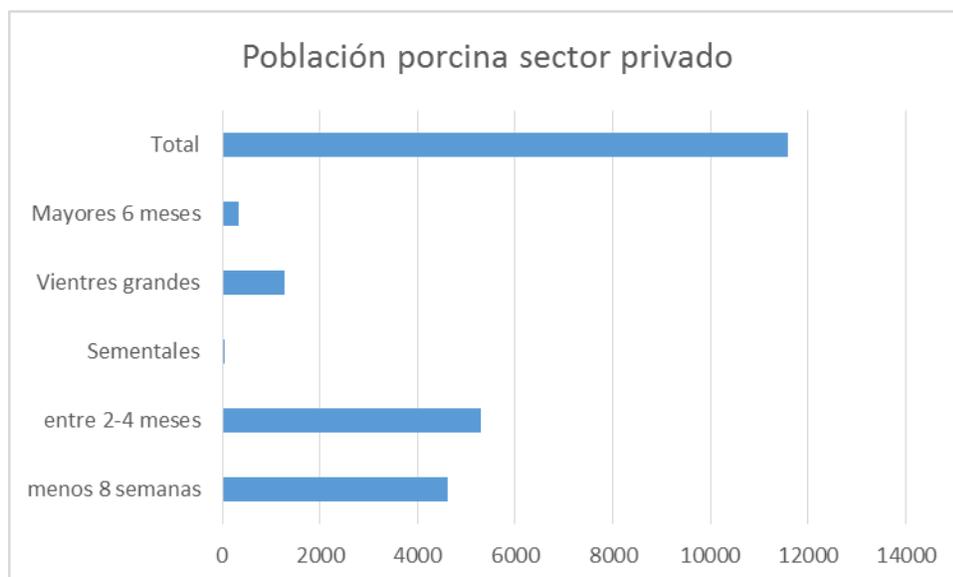


Figura 3.12: Clasificación por edad de la población porcina sector privado. **Fuente:** Elaboración propia.

- Contabilización de las excretas generadas diarias y anal por edad y totales

Posteriormente se realiza a contabilización de las excretas generadas diarias y anual por edad y totales, la tabla 3.17 y figura 3.13 muestran los resultados

Tabla 3.17: Contabilización de las excretas generadas diarias y anal por edad y totales sector privado. **Fuente:** Elaboración propia.

Clasificación por edad de la población porcina	Excertas totales por tipo, excerta por día (kg)	Excertas totales por tipo, excerta por día (ton)	Excreta totales año (ton)
menos 8 semanas	4616.40	4.62	1684.99
entre 2-4 meses	7963.29	7.96	2906.60
Sementales	92.33	0.09	33.70
Vientres grandes	2539.02	2.54	926.74
Mayores 6 meses	692.46	0.69	252.75
Total	15903.50	15.90	5804.78

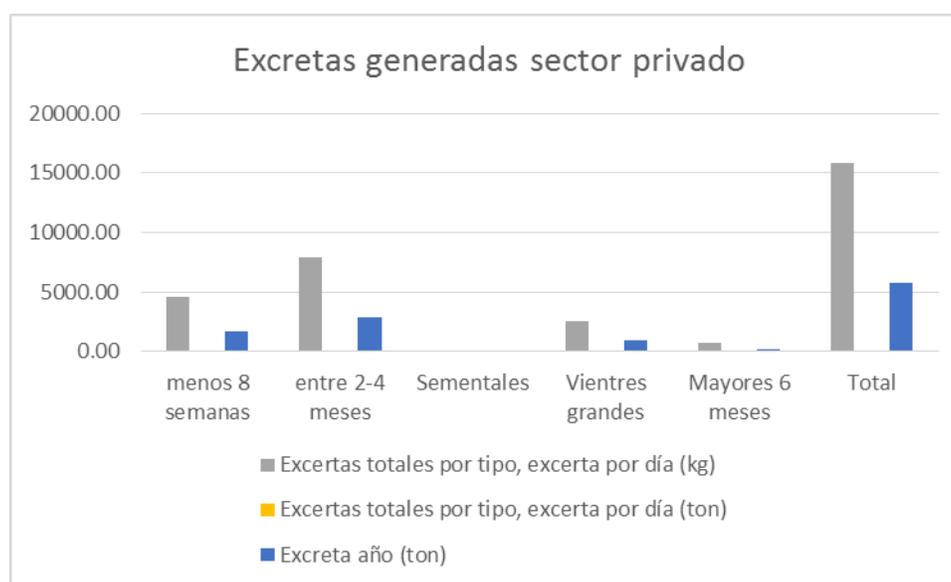


Figura 3.13: Excretas generadas por la población porcina sector privado. **Fuente:** Elaboración propia

- Análisis de Biogás generados por la población porcina sector estatal

Este análisis se realiza según los criterios mencionados con anterioridad para su realización, en la tabla 3.18 y la figura 3.14 se evidencia las potencialidades de generación de biogás por el sector privado municipal.

Tabla 3.18: Potencialidades de generación de biogás sector privado. **Fuente:** Elaboración propia.

Clasificación por edad de la población porcina	Biogás excreta/edad animal día(m ³ /día)	Total de biogás día(m ³)	Total de biogás año(m ³)
menos 8 semanas	0.07	323.15	117949.02
entre 2-4 meses	0.11	583.97	213150.73
Sementales	0.14	6.46	2358.98
Vientres grandes	0.14	177.73	64871.96
Mayores 6 meses	0.14	48.47	17692.35
Total		1139.79	416023.04

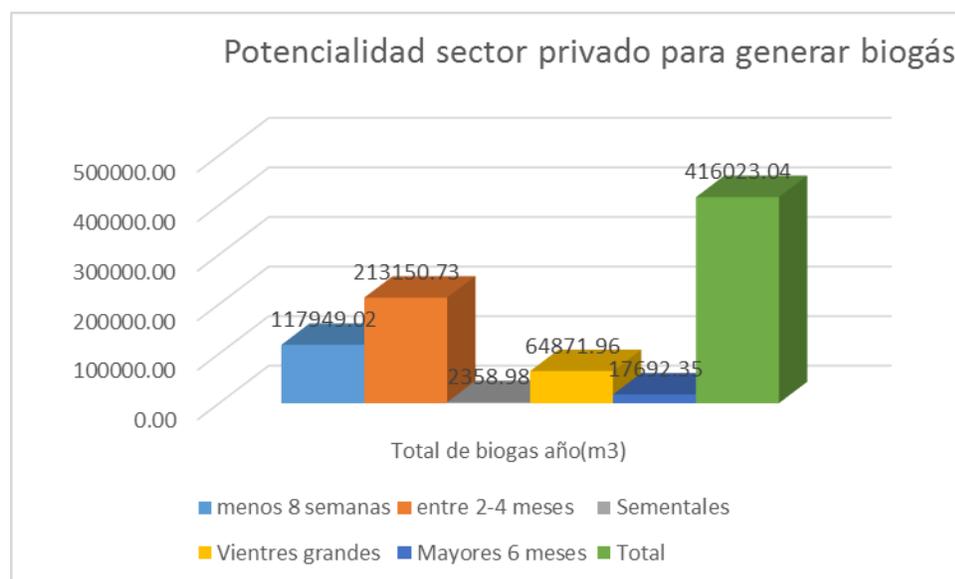


Figura 3.14: Potencialidades de generación de biogás por el sector privado. **Fuente:** Elaboración propia.

- Cálculo de la potencialidad de producción de energía eléctrica desde las potencialidades de generación de biogás sector privado

A continuación se realiza el cálculo de la potencialidad de producción de energía eléctrica desde las potencialidades calculadas de generación de biogás por el sector privado, los resultados se muestran en la tabla 3.19 y figura 3.15.

Tabla 3.19: Pontencialidad de producción de energía eléctrica desde las potencialidades calculadas de generación de biogás sector privado. **Fuente:** Elaboración propia.

Clasificación por edad de la población porcina	Total de biogás año(m3)	Total energía eléctrica día(kWh)	Total energía eléctrica año (kWh)
menos 8 semanas	117949.02	539.66	196974.86
entre 2-4 meses	213150.73	975.24	355961.72
Sementales	2358.98	10.79	3939.50
Vientres grandes	64871.96	296.81	108336.17
Mayores 6 meses	17692.35	80.95	29546.23
Total	416023.04	1903.45	694758.48

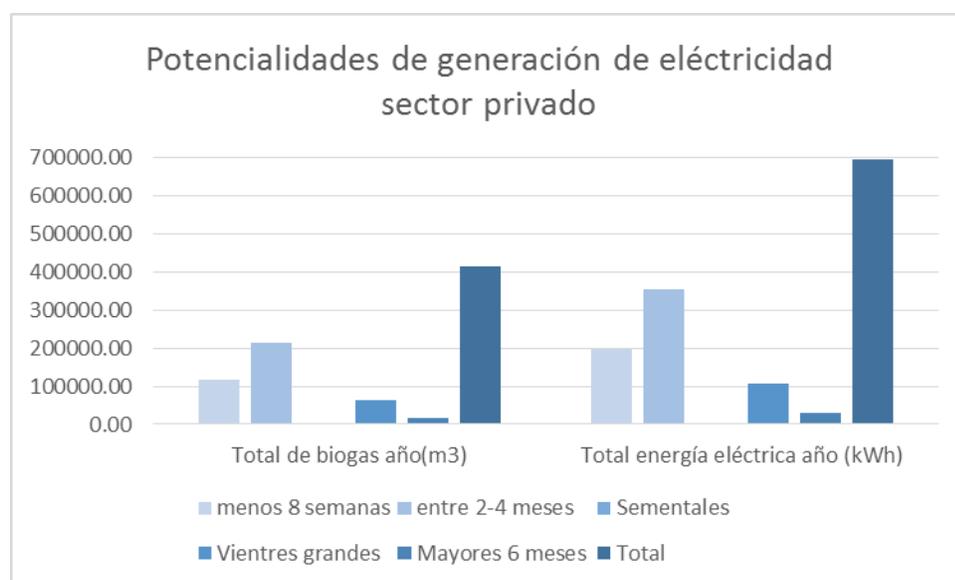


Figura 3.15: Potencialidades de generación de energía eléctrica por el sector estatal. **Fuente:** Elaboración propia.

- Ahorros proyectados por la generación de energía eléctrica a partir del biogás de la población porcina del sector privado

En la tabla 3.20 se muestran los ahorros proyectados por la utilización del biogás para la generación de electricidad por el sector privado.

Tabla 3.20: Proyección de ahorros de combustible fósil y disminución de emisiones de GEI por potencialidad del biogás sector estatal. **Fuente:** Elaboración propia.

Clasificación por edad de la población porcina	BEP/día	BEP/año	CO₂ dejado de emitir día (kg)	CO₂ dejado de emitir año (ton)
menos 8 semanas	1.07	389.23	364.27	132.96
entre 2-4 meses	1.93	703.40	658.29	240.27
Sementales	0.02	7.78	7.29	2.66
Vientres grandes	0.59	214.08	200.35	73.13
Mayores 6 meses	0.16	58.38	54.64	19.94
Total	3.76	1372.88	1284.83	468.96

Proyectando un ahorro de BEP de 1372.88 anuales y dejado de emitir a la atmósfera 468.96 ton de CO₂ anual

3.4.4 Cálculo de energía eléctrica a partir de las excretas de ganado porcino de los biodigestores que conforman la Matriz de FRE del municipio

Para potencialidad la generación de energía eléctrica según los biodigestores que conforman la Matriz de FRE del municipio, realizará directamente el cálculo de potencialidad y los ahorros.

- Cálculo de la potencialidad de producción de energía eléctrica desde los biodigestores que conforman la Matriz de FRE del municipio

El cálculo se realiza teniendo en cuenta los 29 biodigestores ubicados en los diferentes Consejos Populares del municipio como se mostró en la tabla 3.2. Los resultados se muestran en la tabla 3.21 y figura 3.16.

Tabla 3.21: Potencialidad de producción de energía eléctrica desde biodigestores que conforman la Matriz de FRE del municipio. **Fuente:** Elaboración propia.

Consejo Popular	Total de biogás día(m3)	Total de biogás año(m3)	Total energía eléctrica día (kWh)	Total energía eléctrica año (kWh)
------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--	--

Buena Vista	2.30	839.50	3.84	1401.97
Caonao	14.07	5134.31	23.49	8574.30
Guaos	1.00	365.00	1.67	609.55
Pueblo Griffo	13.20	4818.00	22.04	8046.06
Paraíso	26.72	9752.07	44.62	16285.96
Pepito Tey	1.70	620.50	2.84	1036.24
Punta Gorga	0.30	109.50	0.50	182.87
Tulipán	15.30	5584.50	25.55	9326.12
Total municipio biogás instalado	74.58	27223.38	124.56	45463.04

En la siguiente figura se muestra el potencial de generación de energía eléctrica por Consejo Popular del municipio de Cienfuegos, siendo los Consejos Populares con mayor potencialidad Paraíso, Tulipán y Caonao.

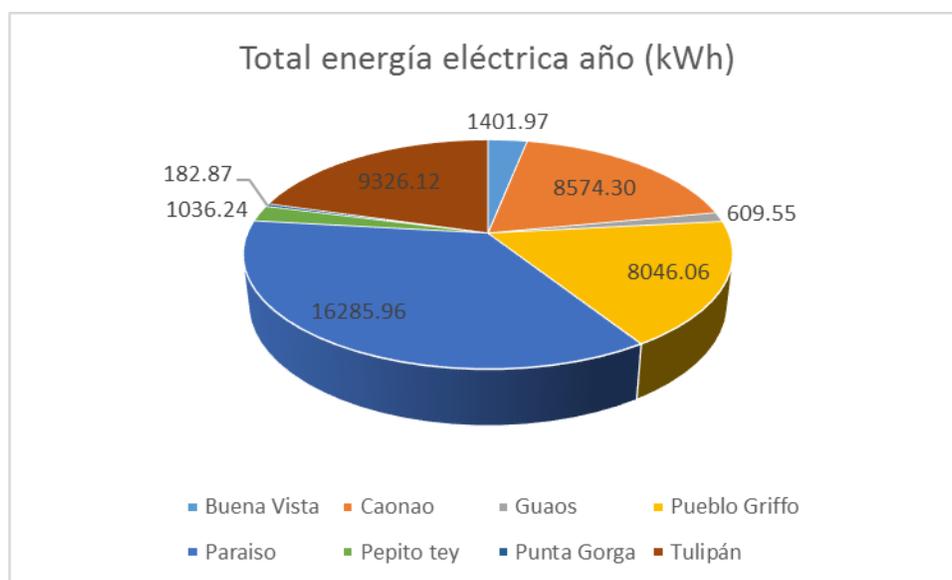


Figura 3.16: Potencialidades de generación de energía eléctrica por Consejo Popular por los biodigestores instalados. **Fuente:** Elaboración propia.

- Ahorros proyectados por la generación de energía eléctrica a partir del biogás de la población porcina del sector privado

En la tabla 3.22 se muestran los ahorros proyectados por la utilización del biogás para la generación de electricidad por los biodigestores actuales.

Tabla 3.22: Proyección de ahorros de combustible fósil y disminución de emisiones de GEI por potencialidad del biogás por los biodigestores actuales del municipio. **Fuente:** Elaboración propia.

Consejo Popular	BEP/día	BEP/año	Dejado de emitir día (kg)	Dejado de emitir año (ton)
Buena Vista	0.01	2.77	2.59	0.95
Caonao	0.05	16.94	15.86	5.79
Guaos	0.00	1.20	1.13	0.41
Pueblo Griffo	0.04	15.90	14.88	5.43
Paraíso	0.09	32.18	30.12	10.99
Pepito Tey	0.01	2.05	1.92	0.70
Punta Gorga	0.00	0.36	0.34	0.12
Tulipán	0.05	18.43	17.25	6.30
Total municipio biogás instalado	0.25	89.84	84.08	30.69

Proyectando un ahorro de BEP de 89.84 anuales y dejado de emitir a la atmósfera 30.69 ton de CO₂ anual

3.5 Resultados de la proyección de desarrollo de biogás como FRE a potencailizar en el municipio

De la aplicación de la Metodología evaluativa para el cálculo de energía eléctrica a partir de las excretas de ganado porcino propuesta por Martínez (2015), realizado para la evaluación de toda la población porcina municipal, así como su desglose en los sectores estatal y privado se concluye lo siguiente.

Teniendo en cuenta que el consumo municipal para el año 2015 represento 155 227 MWh, con las diferentes variantes de fomento de esta FRE el Matriz energética del municipio cambiara de la siguiente forma, considerando que la Matriz energética se desglosa en 96% de combustibles fósiles y un 4% de FRE, el consumo de electricidad para el sector residencial representarían un equivalente de 149018 MWh por fuentes convencionales y 6210 MWh por FRE (donde se incluye la Matriz de FRE). En la siguiente tabla se muestran las variaciones al desarrollar cada variante, es necesario destacar que la variante 4 y 3 incluye la variante 1.

Tabla 3.23: Proyección variación de la matriz energética municipal por el fomento de la generación de energía eléctrica a partir de la población porcina del municipio. **Fuente:** Elaboración propia.

No	Variantes	MW año	Proyección de presencia en la Matriz energética municipal (%)	Proyección de variación de la Matriz energética municipal (combustible fósil)	Proyección de presencia de FRE en la Matriz energética (%)
1	Generación de energía eléctrica por biodigestores de la Matriz FRE	45.46	0.02928599	95.970714	4.02928599
2	Generación de energía eléctrica por biogás sector estatal	1189 8.42	7.66513339	88.3348666	11.6651334
3	Generación de energía eléctrica por biogás sector privado	94.76	0.06104576	95.9389542	4.06104576
4	Generación de energía eléctrica por biogás municipio	1259	8.11282374	87.8871763	12.1128237

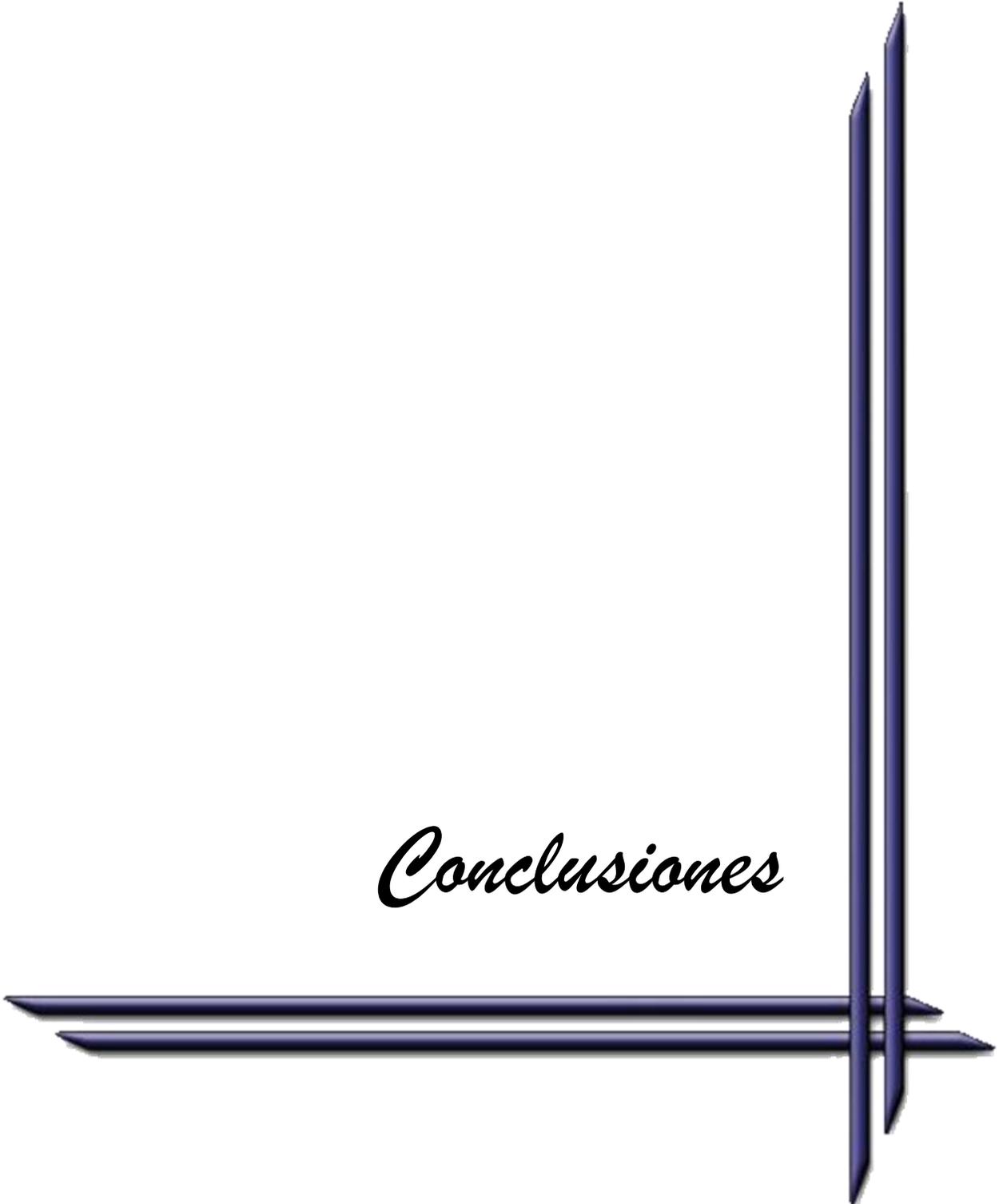
Es necesario considerar que acompañado a ellos debe realizarse el análisis de la tecnología a instalar teniendo en cuenta las características de los lugares, así como el estudio de factibilidad por constituir inversiones.

3.6 Conclusiones parciales del capítulo

1. Las FRE a fomentar por el gobierno municipal de Cienfuegos se encuentran en los biodigestores de gas sobre base del ganado porcino para la primera y los paneles fotovoltaicos a través utilización de paneles solares en el sector residencial.
2. El análisis de potencialidad de generación de energía eléctrica en el municipio proporciona diferentes variantes para la incidencia del gobierno local siendo a través de biodigestores que conforman la Matriz de FRE del municipio, ganado porcino total del

municipio sector estatal, ganado porcino total del municipio sector privado y a nivel de municipio proporcionado una influencia en la presencia en la Matriz FRE y la Matriz energética municipal

Conclusiones



Conclusiones Generales

1. Al realizar el análisis de la situación actual en Cuba sobre la gestión energética local (GEL), se concluye que los gobiernos municipales no poseen herramientas de gestión que les permitan gestionar los recursos energéticos presentes en el territorio, por lo que se hizo necesario realizar la identificación de la información, datos energéticos y los actores que la gestionan las FRE en el municipio de Cienfuegos para lograr su interrelación y logrando que el flujo de la información propicie la toma de decisiones en la planificación energética a nivel local.
2. Las fuentes renovables de energía a fomentar por el gobierno municipal de Cienfuegos se encuentran en los biodigestores de gas sobre base del ganado porcino para la primera y los paneles fotovoltaicos a través utilización de paneles solares en el sector residencial.
3. El análisis de potencialidad de generación de energía eléctrica en el municipio proporciona diferentes variantes para la incidencia del gobierno local siendo a través de biodigestores que conforman la Matriz de FRE del municipio, ganado porcino total del municipio sector estatal, ganado porcino total del municipio sector privado y a nivel de municipio proporcionado una influencia en la presencia en la Matriz FRE y la Matriz energética municipal que varía de un 4.02% a un 12.11% de presencia de las FRE en esta última.

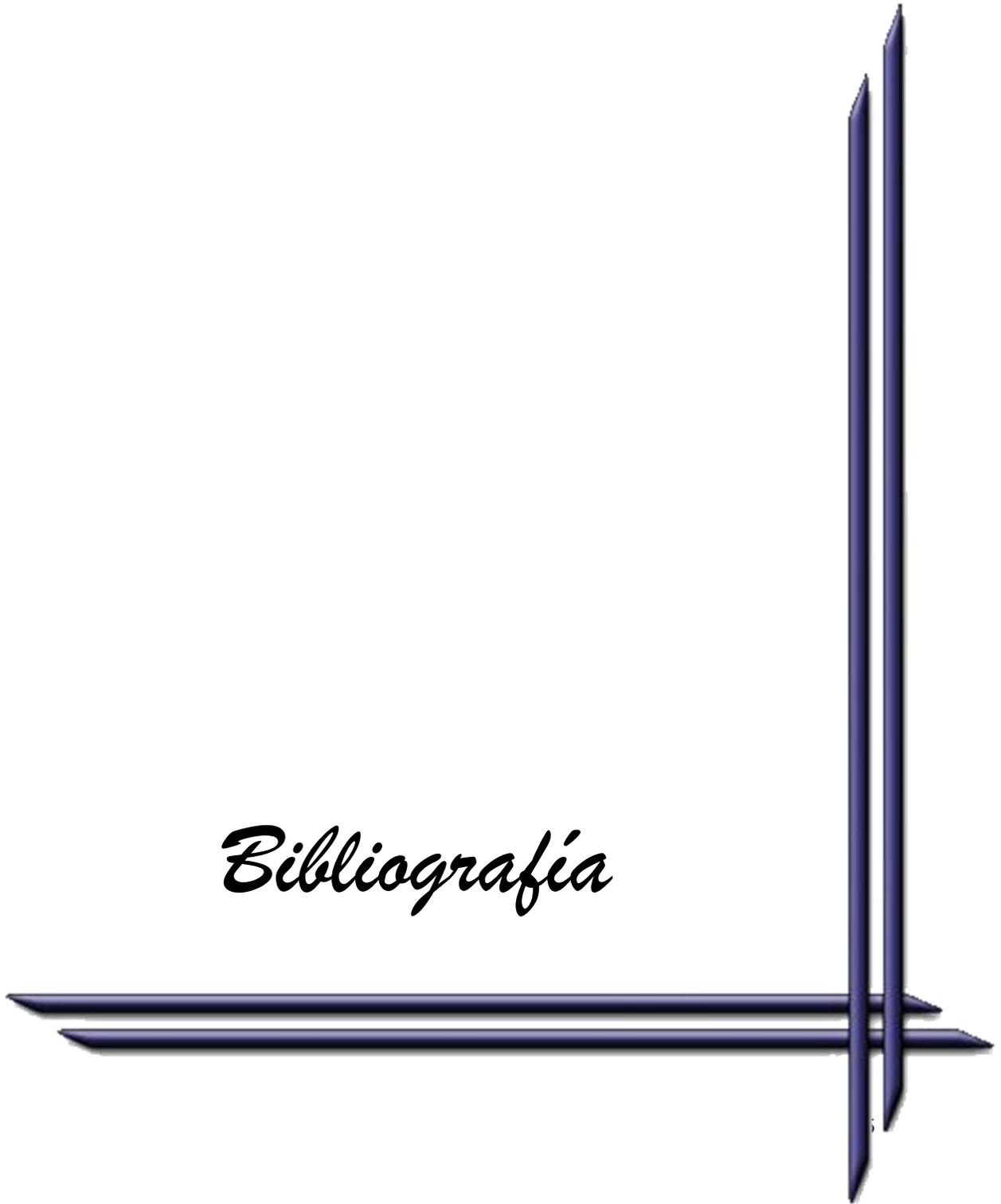
Recomendaciones



Recomendaciones

Se recomienda realizar el análisis de la tecnología a instalar teniendo en cuenta las características de cada lugar, así como el estudio de factibilidad por constituir inversiones y la evaluación para la instalación de paneles solares en el sector residencial.

Bibliografía



Bibliografía

- Antunes, P. (2014). Towards an energy management maturity model. *Energy policy* (73).
- Ávila, F. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio en el municipio de Cienfuegos, consejos populares de Punta Gorda y Junco Sur*. (Trabajo de Diploma) Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, Cienfuegos.
- Bayer, P. (2013). Global Patterns of Renewable Energy Innovation, 1990-2009. *Energy for Sustainable Development*. (17).
- Borroto, A. (2002). *Gestión energética empresarial*. Cienfuegos: Editorial Universo Sur, Universidad de Cienfuegos.
- Borroto, A. (2006). *Gestión y economía energética*. Cienfuegos: Editorial Universo Sur, Universidad de Cienfuegos.
- Camacho, L. (2016). Cuba en camino de renovar su matriz energética. *Semanario Económico Y Financiero de Cuba*.
- Cheon, A., & Urpelainen, J. (2010). Oil prices and energy technology innovation; an empirical analysis. *Global Polit.* 22.
- Conferencias internacional de Energia renovable, llamado desde la Habana a desarrollar la energia renovable. (2015). Retrieved from: <http://www.tiempo21.cu>.
- Cornejo Lalupú, H. (2013). *Sistema solar fotovoltaico de conexión a red en el Centro Materno Infantil de la Universidad de Piura*. Perú: Universidad de Piura. Departamento de Ingeniería Mecánica-Electrica..
- Correa, J. (2011). *Mejora de la eficiencia energética en la empresa Cereales Cienfuegos* (Tesis de Maestría Eficiencia Energética). Facultad de Ingeniería, Centro de Estudios de Energía y Medioambiente. Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez.”, Cienfuegos. Recuperado a partir de <http://biblioteca.ucf.edu.cu>.
- Correa, J. (2014). Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001:2011. *Ingeniería energética.*, XXXV (1), 38–47.
- Descripción desarrollo y perspectivas de las energías renovables en Argentina y en el mundo. (2004). Argentina.
- Eficiencia y energías renovables “El municipio de Venado Tuerco presenta su visión de las energías renovables como política de estado”. (2016). Retrieved from: www.8betting.co.uk.
- Energía solar fotovoltaica como fuente de energía renovable global. (2011). *Puebla-México: Renewable Academy AG*.

- Energías renovables en Cuba. Cubasolar y cubahora. (2017). Retrieved from: <http://www.cubasolar.cu/> & cubahora@cip.cu.
- Energías renovables. Agencia Internacional de la Energía, Revista National Geographic en su número especial del cambio climático. (2015). 10 argumentos a favor de las energías renovables-sostenibilidad para todos.
- Fernández, W. (2015). Cuba construirá este año nuevos parques fotovoltaicos en varias provincias. *Cubainformacion*. Retrieved from: <http://www.cubainformacion.tv/>.
- Food and agricultural organization & World alliance for descontrized energy. (2017). Retrieved from: <http://dictionary.cambridge.org>.
- González, D. (2016). *Análisis para la conexión de PSFV de Rodas y otros propuestos a la red de la barra de Yaguaramas*. (Trabajo de Diploma) Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Santa clara.
- Jovanović, B., & Filipović, J. (2016). ISO 50001 standard-based energy management maturity model-proposal and validation in industry. *Journal of Cleaner Production*, 112 (4), 2744–2755.
- Lim, E. (2012). Smart energy management for small municipalities. Strategic Energy Innovations.
- Martínez, M. (2015). Producción potencial de biogás empleando excretas de ganado porcino en el estado de Guanajuato. *Revista Electronica Nova Scientia*, 15(3), 96-115.
- Molina, M. (2016). Cienfuegos continua apostando a la energía solar. Retrieved from: internet@granma.cu.
- Moreno, C. (2016). *Cuba 100% con energías renovables. Imperativo de las actuales generaciones de cubanas y cubanos*. La Habana-Cuba: En El CETER, CUJAE.
- Municipal Energy Planning an Energy Efficiency Workbook Version 1.0. (2011). University of Wisconsin-Cooperative Extension. Retrieved from www.bioenergyforum.com
- Nuestra esfera/ espacio educativo. Fuentes de energía: Características y funciones. (2014). *Periódico Granma*. Retrieved from: <http://www.granma.cu/>.
- Oficina Nacional de Estadística e Información República de Cuba. (2016a). Anuario Estadístico de Cienfuegos 2015 de la Oficina Municipal de Estadística e Información de Cienfuegos. Retrieved from: <http://www.onei.cu>.
- Oficina Nacional de Estadística e Información República de Cuba. (2016b). Anuario estadístico de Cienfuegos 2015. Retrieved from <http://www.onei.cu>.
- Oficina Nacional de Estadística e Información República de Cuba. (2015). Anuario Estadístico de Cuba 2014. Retrieved from: <http://www.onei.cu>.

- Oficina Nacional de Estadística e Información República de Cuba. (2016a). Anuario Estadístico de Cuba 2015. Retrieved from: <http://www.onei.cu>.
- Páez, A. (2009). Sostenibilidad urbana y transición energética. Un desafío institucional. México: *Universidad Autónoma de México*.
- Puig, Y. (2014). Tomando el pulso de la economía cubana. *Periodico Granma*. Retrieved from Recuperado desde <http://www.granma.cu/cuba/2014-06-22/tomando-el-pulso-de-la-economia-cubana>.
- Reve. (2016a). Avanza Cuba en el empleo de energías renovables. *Cubahora*. Retrieved from: <http://www.evwind.com/>.
- Reve. (2016b). Energías renovables y ahorro energético en Cuba. *Cubahora*. Retrieved from: <http://www.cubahora.cu>.
- Rodríguez, J. (2014). Cuba y sus perspectivas energéticas, una revisión reciente (II). *Cubadebate*. Retrieved from: <http://www.cubadebate.cu/>.
- Rodríguez, S. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio en el municipio de Cienfuegos, consejos populares de Punta Gorda y Junco Sur*. (Trabajo de Diploma) Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, Cienfuegos.
- Roqueta, R. (2014). *Procedimiento de cálculo para la ubicación de paneles fotovoltaicos*. (Trabajo de Diploma) Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. Santa Clara.
- Saari, A. (2013). *Attitude-behaviour gap in energy issues: Case study of three different finish residential areas. Energy for Sustainable Development*. (17).
- Santana, H. (2013). *Determinación de la incidencia de la instalación de nuevos parques fotovoltaicos en la red de 33kV de Yaguaramas*. (Trabajo de Diploma) Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Santa Clara.
- Sawaengsak, W., Bangviwat, A., & Gheewala, S. (2014). *Life cycle cost of biodiesel production from microalgae in Thailand. Energy for Sustainable Development*. (18).
- Sistemas de gestión de la energía- Requisitos con orientación para su uso. Norma Cubana NC-ISO 50001:2011. (2012). La Habana- Cuba: Oficina Nacional de Normalización.
- Spiegel, M. (1991). *Estadística; variables discretas y continuas*.
- Valkila, N. (2013). *Attitude-behavior gap in energy issues: Case study of three different finish residential areas. Energy for Sustainable Development*. (17).
- Velázquez, G. (2013). *Explotación de red de 33 kV en Villa Clara con parques fotovoltaicos*. (Trabajo de Diploma) Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Santa Clara.

Wene, C., & Rydén, B. (1988). A comprehensive energy model in the municipal energy planning process. *European Journal of Operational*.

World alliance for descontrized energy. (2004). Retrieved from: <http://acrorymfinder.com>.

Anexos

Anexo 1: Consumo del municipio de Cienfuegos según organismos. **Fuente:** (ONEI, 2016c).

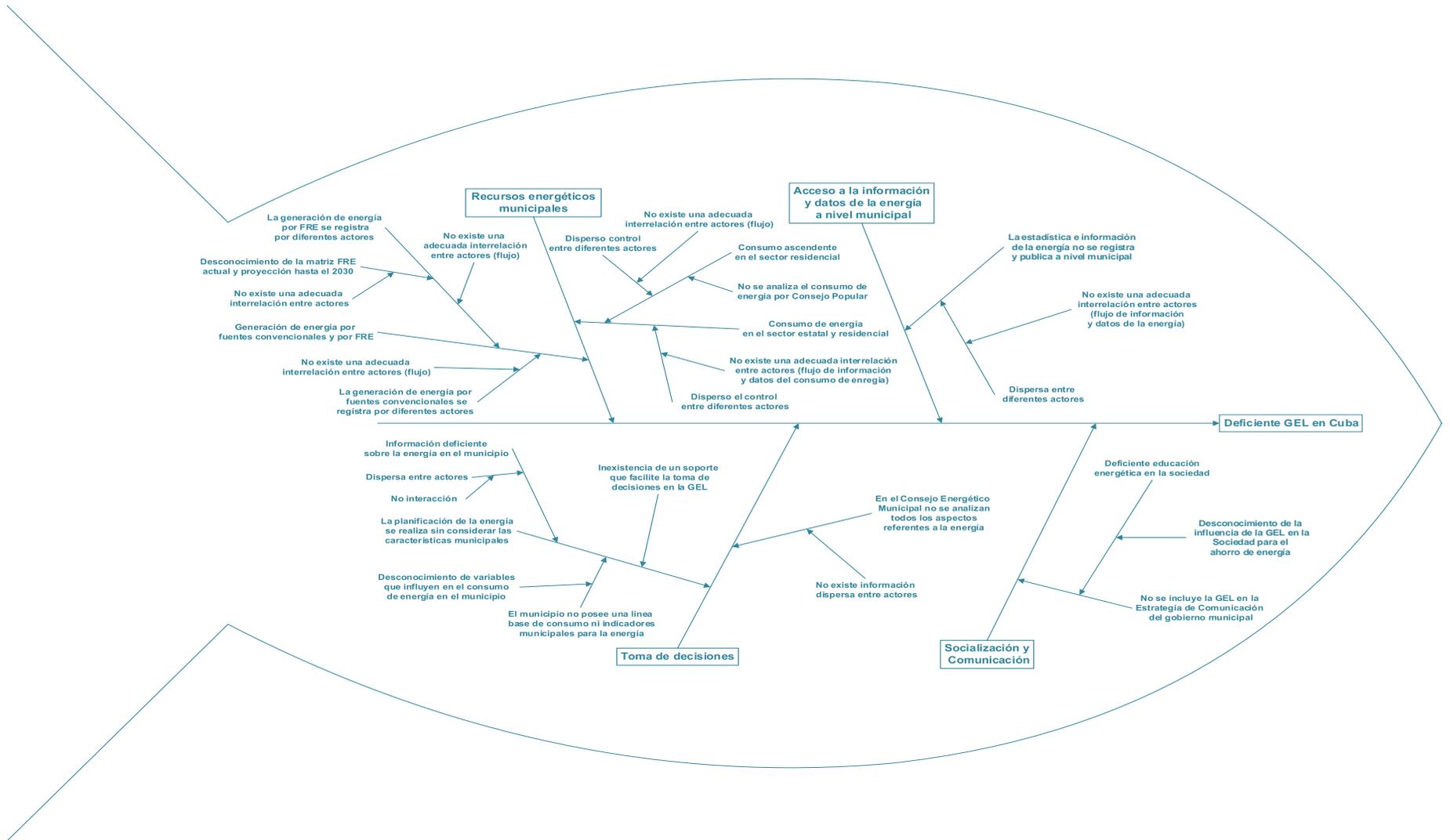
PORTADORES ENERGETICOS/ AÑOS	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Energía eléctrica (MW/h)	171687,0	277237,0	300036,0	319555,8	281727,2	268742,4
asfalto de petróleo (ton)	5214,4	5479,7	4803,6	4582,4	3769,1	4749,2
Solventes (ton)	6,2	18,1	17,9	13,5	10,5	8,5
Petróleo Crudo (ton)	189,8	253,4	463,0	288,1	244,2	250,6
Fuel-oíl (ton)	4294,0	3291,0	3472,7	2916,9	1776,1	22295,1
Gas licuado (ton)	577,6	567,4	539,3	588,7	536,5	578,6
Gasolina (ton)	4520,7	4340,4	4249,8	4152,7	3379,4	3025, 6
Diesel (ton)	18918,5	24186,5	26117,7	27815,3	26504,1	24204, 9

Anexo 2: Consumo de petróleo crudo y derivados del petróleo por actividades económicas.

Fuente: (ONEI, 2016c)

Portadores/Años	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Gasolina motor (ton)	4753,0	4340,4	4249,8	4152,7	3379,4	3025,5
Combustible diésel (ton)	19434,5	24186,5	26117,7	27815,3	26504,1	27738,6
Aceites y grasas lubricantes (ton)	34252,3	54832,6	62300,9	70293,6	59116,0	60236,6
Petróleo Crudo (ton)	189,8	253,4	463,0	288,1	244,2	250,6
Petróleo combustible (ton)	4294,0	3291,1	3472,7	2916,9	1776,1	22295,1

Anexo 3: Diagrama Causa-Efecto. Fuente: Elaboración Propia



Anexo 4: Plan de mejora para la gestión energética de los gobiernos locales en Cuba. **Fuente:** Elaboración propia.

Oportunidad de Mejora: Diagnostico energético del municipio.						
Meta: Realizar la propuesta de desarrollo de FRE para el municipio de Cienfuegos						
Responsable General: Grupo de Trabajo						
QUÉ	QUIÉN	CÓMO	POR QUÉ	DÓNDE	CUÁNDO	CUÁNTO
Estudio del procedimiento para el diagnóstico energético municipal en Cuba	Grupo de trabajo	Revisión del procedimiento y debate	<ul style="list-style-type: none"> Preparar al grupo de trabajo para aplicar el procedimiento 	Universidad y Poder Popular Municipal (PPM)	Junio- Julio- Septiembre/ 2016	tres sesiones de trabajo
Identificar los actores que registran los datos e información de fuente renovables de energías en el municipio	Grupo de trabajo	Concertación de actores a través de los parámetros de entrada del diagnóstico energético municipal en Cuba	<ul style="list-style-type: none"> Para lograr la captación de datos e información de FRE dispersa en el municipio 	Universidad y PMM	Junio- Diciembre/2016	7 meses
Captación de la información	Grupo de trabajo	Sesión de trabajo del Grupo, revisión de documento y entrevistas (estructuradas o no)	Captar los datos e información relevante de la FRE en el municipio	Universidad, PPM y organizaciones identificadas	Octubre- Mayo/2016	8 meses
Aplicación del procedimiento para el diagnóstico energético en los	Grupo de trabajo	Trabajo en campo, búsqueda de información, sesiones de trabajo	Evaluar al municipio en cuanto a la gestión energética local	Universidad, Gobierno Municipal y Diversos actores	Marzo-Junio/2017	4 meses

municipios en Cuba en el municipio de Cienfuegos		con actores, CAM, AMPP, procesamiento de información de generación y consumo de energía				
Búsqueda de procedimientos y metodologías para cálculo de FRE	Grupo de trabajo	revisión de la literatura científica referente al desarrollo de las FRE	Propuesta de aplicación de metodología para la determinación de potencialidades desarrollo de las FRE	Universidad y Diversos actores	Marzo-Junio/2017	4 meses
Propuesta de desarrollo de FRE para el municipio de Cienfuegos	Grupo de trabajo	Documentación que comprueba la investigación y justifica la propuesta	Para el soporte y la constancia de la investigación	Universidad y Gobierno Municipal	Mayo- Junio/2017	2 meses
Presentación de las potencialidades de desarrollo de las FRE en el municipio	Grupo de trabajo	Sesiones de trabajo	Para su valoración	Universidad y Gobierno Municipal	Junio/2017	sesión de trabajo 1 hora

